ВНИИГиМ

СПРАВОЧНИК ПО МЕЛИОРАЦИИ И ГИДРОТЕХНИКЕ

ТОМ II

СЕЛЬХОЗГИЗ
1937

284

НКЗ СССР
АКАДЕМИЯ С.-Х. НАУК им. В. И. ЛЕНИНА
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ

631.6
С-74

СПРАВОЧНИК ПО МЕЛИОРАЦИИ И ГИДРОТЕХНИКЕ

ТОМ II

ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
проф. М. М. ГРИШИНА

Гидромеханизация
М.с № 3618
Библиотека и Техника

МОСКВА 1, Тверской бульвар д. № 13
Трест НКТП „Гидромеханизация“

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
КОЛХОЗНОЙ И СОВХОЗНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА • 1937

631.4
С 74 Доб. 627

ОПЕЧАТКИ

ко II тому «Справочника по мелиорации и гидротехнике»

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине
3	5 сверху	изыскательных	изыскательских	
7	5 и 6 снизу лев. полов.	216	218	Типография
204	10 сверху	$= hi$	$= \sqrt{hi}$	Автор
207	24 снизу	изотахами	изогиетами	Автор
209	10 снизу	воды h	воды h′	Корректор
222	17 сверху	10^{-3}	10^{3}	Автор
231	в таблице 7 гр.	0,12	— 0,12	Автор
236	9 снизу	$= \frac{\sigma}{fi}$	$= \frac{fi}{\sigma}$	Автор
253	12 сверху в формуле	$\omega^{0,28}$	$\omega^{0,288}$	Автор
253	20 снизу	(рис. 20)	(рис. 21)	Техред
264	21 сверху	$a = \frac{5}{1 + 0,06'}$	$a = \frac{5}{1 + 0,06t}$	Автор
266	1 снизу	у Каменки	у Александровки	Автор
320	9 сверху	$23^1/_4$	$23^1/_2$	Корректор
366	13 сверху	$+ V_{0,8h}$	и $V_{0,8h}$	Автор
377	15 сверху	$\sqrt{\ldots - Vp\sqrt{i}}$	$\sqrt{\ldots - Vp\sqrt{I}}$	»
377	19 »	$n = \frac{R^{0,7} i^{0,5}}{I}$	$n = \frac{R^{0,7} I^{0,5}}{V}$	»
422	19 снизу	§ 2	§ 6 п. 3	Автор
500	1 снизу	0,5	50	Корректор
523	12 сверху	Глава X	Глава XI	Типография
546	№п.п.2 гр.4	20»	20 м	Автор
570	Таблица, последняя графа сдвинута вверх			Корректор
724	14 снизу	перепады	переправы	Типография

631.4
С 74 Доб. 627

ПРЕДИСЛОВИЕ

Второй том «Справочника по мелиорации и гидротехнике» посвящен изысканиям и исследованиям.

В первых разделах тома даются сведения о производстве отдельных видов изыскательных работ: топографо-геодезических, гидрологических, геологических и пр., а в последующих разделах приводятся данные о составе и особенностях комплекса изысканий и исследований для тех или иных водохозяйственных проектов, причем в этом последнем случае уже не приводятся технические детали, помещенные в первых разделах тома.

При изложении состава и содержания исследований для разных водохозяйственных целей учтена стадийность проектирования и изысканий; однако, поскольку соответствующие ведомства еще не разработали окончательных характеристик отдельных стадий (проектное задание, технический проект и т. д.), распределение материала по стадиям дано примерное и подлежит корректированию, когда будут изданы ведомственные инструкции, в соответствии с последними.

В составе изысканий и исследований в гидромелиоративном деле в настоящем томе не отражены специфические исследования по гидромодулю, геоботанические, а также рыбохозяйственные, детальное освещение которых перенесено в следующие тома.

Точно так же подробное освещение экономических исследований, тесно связанных с проектированием, редакция сочла целесообразным перенести в III—V тома «Справочника», где излагаются специально вопросы проектирования водохозяйственных мероприятий.

Все замечания по настоящему тому Справочника просьба направлять по следующим адресам: 1) Москва, 8, Нижняя Дорога, 19, Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации; 2) Москва, Орликов, 3, Дом Книги, Сельхозгиз.

Редакция справочника

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

РАЗДЕЛ I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Глава I

Задачи изысканий и исследований

§ 1. Водное хозяйство и его отрасли 19
§ 2. Данные, необходимые для проектирования и постройки водохозяйственных предприятий или сооружений 20
§ 3. Способы получения исходных материалов 20

Глава II

Классификация изысканий и исследований

§ 4. Типы и стадии проектирования водохозяйственных мероприятий и сооружений 21
§ 5. Виды изысканий в зависимости от стадии выполнения водохозяйственных мероприятий . . 21
§ 6. Классификация изысканий по водохозяйственным целям 22
§ 7. Общая организация и планирование изысканий и исследований в СССР по водному хозяйству и мелиорации 23
1. Состав изысканий и исследований по водному хозяйству 23
2. Организация геодезической службы и топографо-геодезических изысканий и исследований 24
3. Организация и планирование метеорологических и гидрологических исследований 26
4. Организация и планирование геологических и гидрогеологических исследований . . . 27
5. Почвенные исследования и исследования грунтов . . . 28
6. Организация и планирование прочих и специальных исследований 28
§ 8. Материалы по изысканиям и исследованиям, их хранение и опубликование 29
1. Хранение неопубликованных материалов 29

Стр.

2. Материалы прежних исследований 30
3. Опубликованные и публикуемые материалы изысканий и исследований 32

РАЗДЕЛ II

ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Глава I

Место и роль топографо-геодезических работ при изысканиях и исследованиях

§ 1. Картографическая основа изысканий 34
1. Собирание картографических материалов 35
2. Государственные съемки . . 36
3. Картографический материал 40
4. Виды съемок, применяемых при изысканиях 41
5. Общие положения для всех видов топографо-геодезических работ 42
§ 2. Высотная основа изысканий . . 44
1. Основные (опорные) нивелировки 44
2. Виды нивелирных работ при изысканиях 46
3. Каталоги высот и системы отметок 47
§ 3. Специальные работы при изысканиях 48

Глава II

Опорная топографо-геодезическая сеть

§ 4. Триангуляция 50
1. Основные триангуляции . . . 50
2. Типы триангуляций, применяемых при водохозяйственных исследованиях и изысканиях 51
3. Тригонометрические пункты IV класса и триангуляционные сети V и VI классов 57
§ 5. Полигонометрия 60
1. Параллактическая полигонометрия 60
2. Траверсы I, II и III классов 62
3. Магистральные хода (полигонометрия VI класса) . . . 64
4. Оптическая полигонометрия 68
§ 6. Система координат 72
1. Геодезические координаты . 72

Стр.

2. Прямоугольные координаты Зольднера 73
3. Прямоугольные координаты Гаусса—Крюгера 74
4. Увязка координат Гаусса—Крюгера с государственными сетями 77
5. Увязка магистральных ходов, проложенных между двумя тригонометрическими пунктами 77
§ 7. Нивелировка 79
1. Основные виды нивелировок 79
2. Особенности нивелировки при водных изысканиях 83
3. Репера, их типы и особенности 86

Глава III

Съемочные работы

§ 8. Виды съемок, применяемых при изысканиях и исследованиях . . 91
1. Угломерная съемка 91
2. Тахеометрические съемки . . 93
3. Мензульная съемка 98
4. Стереофотограмметрическая наземная съемка 107
§ 9. Промеры глубин рек и водоемов 110
1. Приборы и инструменты для промеров глубины 110
2. Способы речных промеров 113
3. Определение положения промерных точек на плане . . . 115
4. Промеры водохранилищ, озер и морей 116
5. Производство работ и обработка материалов 117
6. Промеры глубин автоматическими и самопишущими приборами 118
§ 10. Приведение съемочных промеров к условному уровню воды . . . 122
1. Выбор условного уровня . . 122
2. Получение однодневного уровня непосредственными наблюдениями 123
. Способы срезки глубин и горизонтов воды 123
4. Построение продольных профилей рек 125
§ 11. Способы съемки различных объектов 128
1. Съемка рек и речных пойм и долин. Особенности их . 128
2. Съемка озер и других водоемов 131
3. Съемки водоразделов 131
4. Съемки болот заболоченных угодий 134

Глава IV

Специальные топографо-геодезические работы

§ 12. Трассировки и ограничение территорий 135
1. Трассировка каналов 135
2. Разбивки тоннелей и штолен 137
3. Трассировка оградительных валов и дамб 139
4. Ограничение земельных площадей 139
§ 13. Разбивка сооружений на суше и на воде 140
1. Общие сведения и геодезические измерения в период строительства 140
2. Разбивка сооружений на суше 141
3. Разбивка сооружений на воде 142
§ 14. Маршрутные топографические рекогносцировки 147
1. Маршрутные хода 147
2. Глазомерные съемки 149
3. Барометрическое нивелирование 150
§ 15. Приемка топографо-геодезических работ 154

Глава V

Аэрофотосъемка

§ 16. Полевые аэрофотосъемочные работы 157
§ 17. Камеральная обработка аэрофотосъемки 162
§ 18. Оборудование аэрофотосъемки 164
1. Самолеты 164
2. Аэрофотоаппараты для аэросъемки 164
3. Вспомогательные приборы для аэросъемки 166
4. Фотоматериалы для аэросъемки и приборы для фотообработки аэроснимков . . 166
§ 19. Применение и использование аэрофотосъемки при гидротехнических и мелиоративных исследованиях и изысканиях . . 167
1. Общие свойства аэросъемки 167
2. Роль аэрофотосъемки при исследованиях водных пространств рек, озер, водохранилищ и пр. 168
3. Значение аэрофотосъемки при изучении рельефа, водоразделов, водосборных площадей и т. п. 174
4. Роль аэросъемки в изучении почвенного и растительного покрова 176
§ 20. Организация и стоимость аэросъемки 181
1. Стоимость аэрофотосъемочных работ 181

РАЗДЕЛ III

КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

А. Элементы метеорологии и метеорологические исследования

Глава I

Тепловой и барический режим

§ 1. Тепловой режим 184
§ 2. Давление воздуха 186
§ 3. Ветер 186

Стр.

Глава II

Влажность воздуха и испарение

§ 4. Влажность 188
§ 5. Испарение воды 191
1. Способы и приборы для измерения испарения . . . 192
2. Формулы для вычисления испарения 194
3. Испарение с поверхности суши 196
4. Связь испарения с атмосферными осадками 197

Глава III

Атмосферные осадки

§ 6. Формы осадков и их измерение 200
§ 7. Количество осадков и их распределение 201
§ 8. Определение расчетного количества осадков в бассейне реки 206
1. Приведение наблюдений к многолетнему ряду 206
2. Интерполяция данных . . 207
3. Вычисление осадков в бассейне реки 207
4. Специальный учет зимних осадков 207

Глава IV

Метеорологическая сеть и метеорологические исследования

§ 9. Сеть метеорологических станций 210
1. Метеорологические станции 210
2. Типовое оборудование метеорологических станций . . . 212
3. Временные и специальные наблюдательные станции . . 212
4. Принципы размещения метеорологической сети 213

Б. Элементы гидрологии

Глава V

Происхождение и питание рек

§ 10. Баланс воды на земле 214
§ 11. Питание рек 214
1. Бассейн реки 214
2. Питание рек и их климатическая классификация . . . 215

Глава VI

Речной сток

§ 12. Основные характеристики стока 216
1. Модуль стока 216
2. Норма стока 219
§ 13. Расчеты годового стока 220
1. Способы получения данных о стоке 220
2. Определение величины стока при отсутствии непосредственных измерений . . . 221
3. Методы определения среднего многолетнего стока по Д. И. Кочерину 226
4. Формула М. А. Великанова—Д. Л. Соколовского 228
5. Подсчеты стока при ограниченных данных непосредственных наблюдений 231
6. Построение гидрографа расхода 238
7. Подсчет стока при наличии большого количества наблюдений 240
§ 14. Применение метода математической статистики к установлению стока различной обеспеченности 240
1. Сущность метода 240
2. Преимущество построения кривых продолжительности по методу Фостера против применяемого статистического метода 248
3. Построение кривой продолжительности для неисследованных рек 249
§ 15. Методы расчета характерных расходов реки 252
1. Расчеты максимальных расходов воды 252
2. Расчеты наименьших расходов 265
§ 16. Многолетние колебания стока по сезонам года 265
1. Многолетние колебания стока 266
2. Сезонные колебания стока . 267

Глава VII

Твердый сток

§ 17. Основные сведения о наносах и борьба с ними 269
1. Взвешенные наносы 269
2. Донные наносы (влекомые по дну) 270
3. Растворенные наносы 272
§ 18. Занесение водохранилищ наносами и борьба с ними 272
1. Количество наносов 272
2. Срок занесения водохранилищ 276
3. Меры борьбы с заилением водохранилищ 276
§ 19. Формирование русла потока . . 278
1. Образование меандр 278
2. Положения Фарга 278
3. Предложения Жирардона и Лелявского 279

Глава VIII

Озера и болота

§ 20. Озера 280
1. Общие данные 280
2. Морфометрия озера 281
3. Термика озер 281

Стр.
4. Движение воды в озерах . 282
§ 21. Болота 282
1. Общие сведения 282
2. Процесс заболачивания . . . 283
3. Гидрологическое значение болот 284

Глава IX

Ледовые явления и борьба с ними в связи с проектированием и эксплоатацией гидротехнических сооружений

§ 22. Ледяной покров 284
1. Динамическое действие ледяного покрова на сооружения и борьба с ним 285
2. Статическое давление льда на сооружения и борьба с ним 288
§ 23. Подводный (донный) лед и меры борьбы с ним 289
1. Условия образования донного льда 289
2. Меры борьбы с донным льдом 291

В. Гидрометрические работы

Глава X

Гидрометрическая сеть и ее задачи

§ 24. Состав гидрометрической сети . 293
1. Состав сети 293
2. Планирование сети 294
3. Организация наблюдательной сети на существующих водохозяйственных (ирригационных) системах 294
§ 25. Расположение и оборудование гидрометрических станций и постов 295
1. Расположение гидрометрической станции и постов . . 295
2. Оборудование гидрометрических пунктов 296

Глава XI

Изучение колебаний уровня воды

§ 26. Типы водомерных постов . . . 299
1. Характеристика водомерных постов по целевому назначению 299
2. Деление постов по их устройству 300
§ 27. Устройство и содержание обыкновенных водопостов 301
1. Вечный пост 301
2. Свайный пост 301
3. Реечные посты 302
4. Мостовой, или цепной пост 303
5. Фиксирование максимальных уровней 304
6. Составление технического списка поста 305
7. Содержание поста 310
§ 28. Производство наблюдений над уровнем воды 310
1. Сроки наблюдений 310
2. Производство основных наблюдений 311
3. Добавочные наблюдения на водопостах 311
§ 29. Обработка водомерных наблюдений 316
1. Начало гидрологического года 316
2. Составление ведомости ежедневных горизонтов воды . . 317
3. Графическая обработка водомерных данных 321

Глава XII

Измерение скоростей течения воды

§ 30. Измерение скоростей поплавками, трубками и батометрами . 323
1. Поплавки 323
2. Батометр-тахиметр проф. Глушкова 325
3. Гидрометрические трубки . . 326
4. Производство работ по определению скоростей течения 326
5. Измерение скоростей течения гидрометрической трубкой Пито Дарси 328
§ 31. Гидрометрические вертушки . . 329
§ 32. Оборудование для работы с вертушками 340
1. Трос 340
2. Лебедки 341
3. Штанги 342
4. Грузы 343
5. Секундомер 343
6. Сигнальный аппарат 343
7. Счетчик 344
8. Подвесная люлька 344
§ 33. Уход за гидрометрическими вертушками 344
§ 34. Тарировка гидрометрических вертушек 345
1. Связь между числом оборотов вертушки и скоростью потока 345
2. Уравнения тарировочных кривых 345
3. Тарировочная таблица . . . 346
4. Тарировочные бассейны . . 346
5. Полевая тарировка вертушек 348

Глава XIII

Определение расходов воды

§ 35. Полевые работы 348
1. Состав работ 348
2. Наблюдения за горизонтом воды 349
3. Промеры глубины 349
4. Измерение расходов воды вертушкой 350
5. Определение расхода воды поплавками и батометрами . 351

Стр.
6. Электрохимический метод . . 351
7. Способы учета расходов на каналах осушительной и оросительной сетей и на малых водотоках 354
8. Приборы для измерения расхода воды объемным способом 359
§ 36. Определение элементов сечения потока 359
1. Площадь живого сечения . . 359
2. Смоченный периметр и гидравлический радиус . . . 361
3. Отметка среднего дна . . . 362
§ 37. Обработка данных измерений расходов воды гидрометрическими вертушками . . 362
1. Общий метод подсчета расходов воды по данным измерений 362
2. Определение средних скоростей по вертикалям . . . 364
3. Вычисление расходов по средним скоростям на вертикалях 367
4. Другие методы вычисления расходов воды 376
§ 38. Определение расходов, замеренных не вертушечными способами 377
1. Вычисление расходов по скоростям, измеренным батометром-тахиметром 377
2. Вычисление расходов при измерении скоростей поплавками 378
3. Определение расхода воды гидрометрическими шестами 381
4. Обработка наблюдений над расходами воды по электрохимическому методу 381

Глава XIV

Установление зависимости между расходами и горизонтами воды и вычисление стока

§ 39. Зависимости между расходами и горизонтами 382
1. Графический метод построения кривой расхода . . . 383
2. Аналитические методы . 383
3. Построение кривой расхода при недостаточном числе наблюдений 385
4. Построение кривой расхода при неустойчивом русле . 386
5. Построение кривой расхода для зимнего периода . . 387
6. Построение кривой расхода при переменном уклоне . . 388
§ 40. Вычисление стока 389

Глава XV

Определение твердого расхода потоков

§ 41. Приборы для взятия проб воды и наносов 390
1. Батометры 390
2. Приборы для взятия проб донных наносов 393
3. Приборы для взятия образцов грунта дна в естественном напластовании 394
§ 42. Методы определения количества взвешенных наносов 395
1. Весовой способ 395
2. Объемный способ 398
3. Механический анализ наносов 400
§ 43. Определение расхода донных наносов 401
§ 44. Учет растворенных в воде веществ 404

РАЗДЕЛ IV

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Введение

А. Основные сведения о подземных водах

Глава I

Происхождение и классификация подземных вод

§ 1. Происхождение и состояние воды в почвах и грунтах 405
§ 2. Классификация подземных вод 407
1. Генетическая классификация 407
2. Классификация по гидрологическим и стратиграфическим признакам 408
3. Практическая классификация 409

Глава II

Основные данные из теории равномерного движения грунтовых вод

§ 3. Зависимость между скоростью потока и его уклоном при движении жидкости по тонким трубкам и в зернистой среде . 409
§ 4. Законы притекания воды к открытым водоемам. Движение напорных вод по горизонтальному водоупору 412
1. Движение воды к дрене или водоему и к совершенному колодцу 412
2. Формулы Краснопольского и Шульце для движения ненапорных вод к колодцу при наклонном положении подстилающего слоя 415
3. Формулы для несовершенного колодца 416
4. Формулы для определения радиуса влияния колодца . 416
5. Формулы для артезианских колодцев (напорные воды) . 417

Стр.

6. Абсорбирующие (поглощающие) водосборы при свободном и горизонтальном уровне поверхности грунтовых вод 418
7. Расход водосборов в трещиноватых породах (по Краснопольскому) 418

Б. Геологические и гидрогеологические исследования

Глава III

Общие геологические и гидрологические исследования в водохозяйственных целях

§ 5. Общее геологическое обследование района 419
1. Состав общих геологических исследований 419
2. Организация геологических исследований 420
3. Полевые работы 420
§ 6. Общее гидрогеологическое обследование района 422
1. Задачи и состав исследований 422
2. Полевые работы 423
3. Обработка материалов и гидрогеологический отчет . . . 425

Глава IV

Специальные геологические и гидрогеологические исследования для целей водного строительства

§ 7. Специальные гидрогеологические исследования в связи с орошением и осушением земель 430
1. Задачи исследований 430
2. Состав исследований для разных стадий проектирования 430
3. Наблюдения в период эксплоатации 431
§ 8. Специальные гидрогеологические исследования для водоснабжения 431
1. Задачи исследования для схемы 432
2. Исследования для проектного задания 432
3. Исследование для технического проекта 432
4. Наблюдения в период эксплоатации водоснабжения . . . 433
§ 9. Специальные гидрогеологические исследования в связи с устройством водоподпорных сооружений и водохранилищ 434
1. Исследования, необходимые для проектного задания . . 434
2. Исследования для технического проекта 434
3. Состав отчетных материалов 435
§ 10. Специальные гидрогеологические исследования в связи с устройством оросительных, обводнительных и др. каналов . . . 435
1. Проектное задание 436
2. Исследования для технического проекта 436
3. Отчетные материалы 436
§ 11. Специальные гидрогеологические исследования в связи с проведением регуляционных работ на реках 437
1. Общий состав исследований 437
2. Требования, предъявляемые разными стадиями проектирования 437

Глава V

Исследования режима и запасов подземных вод

§ 12. Исследования режима подземных вод 438
1. Измерение расхода источников 438
2. Измерение расхода воды колодцев 439
§ 13. Наблюдения за режимом уровней подземных вод 439
1. Исследование факторов, влиявших на режим подземных вод 439
2. Изучение режима уровней подземных вод для специальных водохозяйственных целей 440
3. Производство наблюдений за уровнем подземных вод 441
4. Длительность стационарных наблюдений над режимом подземных вод 443
§ 14. Необходимость изучения путей движения подземных вод . 443
1. Общие способы изучения путей передвижения подземных вод 444
2. Опытные работы 444
§ 15. Определение запасов подземных вод 445

Глава VI

Определение фильтрационных свойств грунтов

§ 16. Определение истинного (фактического) коэфициента фильтрации 448
1. Фактический (истинный) и фиктивный (кажущийся) коэфициент фильтрации 448
2. Калориметрический метод . 449
3. Электролитический метод Слихтера (Slichter) 451
4. Химический метод 452
5. Производство работ по определению K_0 452
§ 17. Определение фиктивного (кажущегося) коэфициента фильтрации K в полевых условиях 453
1. Выбор участка 453

Стр.

2. Откачка из полного (совершенного) колодца 454
3. Откачка из неполных (несовершенных) колодцев . . . 455
4. Откачка из колодца, питающегося через дно 456
5. Определение K для гравелистых грунтов, не загрязненных примесями глины и песка 457
6. Откачка из артезианских колодцев 457
7. Откачка из колодца, проходящего через пласты грунта различной водоотдачи 458
8. Откачка при наклонном уровне грунтовых вод 459
9. Способ удельного дебита . . 459
10. Определение K в сухих водопроницаемых породах методом наливных шурфов . . 459
11. Определение величины K посредством нагнетания воды в водопроницаемый грунт . . 460
§ 18. Лабораторные методы определения величины фиктивного коэфициента фильтрации K . . 460
§ 19. Теоретическое определение скорости движения грунтовых вод по данным механического анализа водопроницаемой среды . . 464

Глава VII

Исследование качества подземных вод

§ 20. Физико-химическое исследование подземных вод 467
1. Способы выражения данных химического анализа . . . 467
§ 21. Оценка вод по их пригодности для различных целей 473
1. Оценка ирригационных свойств воды по Стэблеру . 473
2. Оценка пригодности воды для питания паровых котлов и для радиаторов 474
3. Оценка питьевых качеств подземных вод 474
4. Оценка пригодности воды для развития рыбы . . . 475
5. Вредные примеси в воде, разрушительно действующие на бетон 475

В. Почвенно-грунтовые исследования

Глава VIII

Задачи и состав почвенно-грунтовых исследований в целях мелиорации земель

§ 22. Определение и характеристика задач исследования 475
1. Сельскохозяйственные задачи 475
2. Мелиоративные задачи . . . 476
3. Исследования строительных свойств почвогрунтов . . . 478
§ 23. Полевые исследования почвогрунтов для целей мелиорации 478
1. Зависимость состава исследований от стадии проектирования 478
2. Производство работ в поле и организация их 479
3. Отчетные материалы по исследованиям 481

Глава IX

Исследование физико-химических свойств почв и грунтов

§ 24. Физико-химические свойства почв 483
1. Методы физико-химических исследований 483
2. Некоторые простейшие химические исследования грунтов в поле 484
3. Механический, или гранулометрический, состав . . . 484
4. Классификация почв и грунтов по механическому (гранулометрическому) составу . 488
5. Агрегатный состав и динамика дисперсного состояния почвы 490
6. Удельный и объемный вес почвы или грунта и порозность (скважность) . . . 492
§ 25. Водные свойства почвогрунтов 494
1. Влажность 494
2. Водопроницаемость почвогрунтов 494
3. Влагоемкость почвогрунтов 498
§ 26. Характеристика грунтов по механическому составу 504

Глава X

Исследование строительных свойств грунтов

27. Физико-химические исследования 506
1. Цели и состав исследования 506
2. Гранулометрический состав, удельный и объемный вес, порозность, коэфициент фильтрации и др. 506
3. Деформации грунта от действия воды 512
§ 28. Исследование физико-механических свойств грунтов 514
1. Внутреннее трение и сцепление в грунте 514
2. Сопротивляемость грунта вертикальной нагрузке . . . 516
3. Взятие проб и подготовка их к испытанию 521

Стр.

Г. Геолого-разведочные работы. Бурение

Глава XI

Ручное бурение

Введение

§ 29. Оборудование и инструменты для разведочного бурения . . . 523
1. Бур-зонд 523
2. Бур-щуп 524
3. Буры Болькена и Розанова 525
4. Буровой стакан 526
5. Вращательный—ударный бур 526
§ 30. Производство работ по ручному бурению 537
1. Ход бурения 537
2. Бурение в глинах и твердых породах 539
3. Бурение с обсадными трубами 539
4. Бурение с промывкой 540
5. Пробные откачки 542
6. Ловильные инструменты и работы 543
7. Искривление скважин . . . 544

Глава XII

Машинное бурение

§ 31. Машинное ударное бурение канатное 545
1. Общая характеристика станков для бурения 545
2. Бурение канатное с раздвижной штангой (ножницами) и машиной «Кийстон» . . . 554
3. Буровой станок Стар (Star) 559
4. Станки Сандерсона (Sanderson) 562
5. Станки Армстронга (Armstrong) 566
6. Станок фирмы Вирт (Wirht) 567
7. Станки ВНИИГиМ Р-40 . . 569
§ 32. Алмазное бурение 569
1. Алмазы 569
2. Спецификация оборудования для алмазного бурения . . . 576
3. Главнейшие практические указания по алмазному бурению (Ключанский—Алмазное бурение) 582
§ 33. Дробовое бурение 585
1. Буровое оборудование . . . 585
2. Дробовое бурение 587
3. Преимущества и недостатки дробового бурения . . . 589
§ 34. Комбинированное бурение буром Эмпайр 589
1. Бур Эмпайр 589
2. Спецификация комплекта четырехдюймового и шестидюймового бура системы «Банка» (Эмпайр), изготовляемого фирмой Wert Conrad в Голландии 591
3. Производство разведочного бурения буром Эмпайр . . . 593
4. Преимущества и недостатки бура Эмпайр производительность бурения им 593

Стр.

Каталог инструментов 595
Приложение 1. Техника безопасности 605
Приложение 2. Документация скважин 606

РАЗДЕЛ V

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ, ОРГАНИЗАЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДР. ИССЛЕДОВАНИЯ

Глава I

Изучение водного хозяйства и водопользования

§ 1. Изучение существующих оросительных систем 618
1. Общая схема расположения сооружения системы . . . 618
2. Гидротехнические сооружения 619
§ 2. Изучение существующих осушительных систем 626
1. Общее описание осушительной системы 626
2. Регулирующая часть осушительной системы 627
3. Проводящая часть осушительной системы 627
4. Сооружения на осушительных каналах 628
5. Перспективы развития осушительной системы 629
§ 3. Изучение существующего с.-х. водоснабжения 629
1. Составление предварительной естественно-исторической характеристики территории . . 629
2. Сбор дополнительных данных в местных организациях . . . 630
3. Непосредственное изучение водоснабжения 631
4. Изучение водоисточников населенного пункта 633
5. Программа для составления отчета о водоснабжении населенных пунктов территории 635
§ 4. Изучение существующих гидросиловых установок 636
1. Общие исследования 636
2. Схема гидроустановки 636
3. Здание гидростанции 636
4. Водоподводящие сооружения 637
5. Водохранилища и утилизация водной энергии 638
6. Водоприемники и отстойники 638
§ 5. Изучение существующего судоходства и сплава 638
1. Общая часть 638
2. Гидротехнические и другие сооружения на судоходных или сплавных путях . . 640
3. Перспективы развития судоходства (сплава) 641
§ 6. Составление водного баланса района 641

Стр.

Глава II

Организационно-строительные изыскания

§ 7. Изыскания естественных строительных материалов 643
Изыскания карьеров строительных материалов 644
§ 8. Изыскания путей сообщения в районе строительства 645
1. Исследование существующих путей сообщения 645
2. Изыскания новых дорог . . . 645
§ 9. Опытно-исследовательские работы 646
§ 10. Собирание различных сведений 647

Глава III

Фотографические работы

§ 11. Применение фотографии при исследованиях 648
1. Общие замечания 648
2. Сюжеты и условия съемки . 648
3. Оборудование и аппаратура 649

РАЗДЕЛ VI

СОСТАВ ИЗЫСКАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ

Глава I

Составление водного кадастра

§ 1. Водный кадастр СССР и организация его составления . . . 653
1. Краткая история вопроса . . 653
2. Составление справочников по водным ресурсам СССР . . 655
3. Цели и сущность водного кадастра 656
§ 2. Исследования для составления водного кадастра 662
1. Топографические исследования 662
2. Гидрологические исследования 662
3. Геологические и гидрологические исследования . . 664
4. Собирание материалов для кадастра 665
§ 3. Учет и хранение гидрологических материалов 665

Глава II

Изыскания и исследования для составления проектов орошения земель

§ 4. Основные задачи и составные части изысканий 667

Стр.

1. Выбор и изучение источника орошения 667
2. Исследования условий подачи воды от источника орошения на орошаемую площадь . . 668
3. Исследования орошаемой площади 668
4. Исследования условий отвода воды с орошаемых площадей . 668
§ 5. Исследования для составления проектного задания 669
1. Исследования источника орошения 669
2. Изыскания магистрального канала 671
3. Исследования орошаемой площади 671
4. Исследования условий отвода воды с орошаемой площади . 673
5. Прочие исследования 674
6. Отчетные материалы 674
§ 6. Исследования для составления технического проекта орошения 676
1. Исследование источника орошения 676
2. Изыскание магистрального канала 677
3. Исследования орошаемой площади 677
4. Исследование условий отвода воды с орошаемых земель . . 678
5. Прочие исследования 679
6. Особенности работ по изысканиям и исследованиям для орошения и их последовательность 680
7. Отчетные материалы 680

Глава III

Изыскания и исследования для составления проектов осушения земель

§ 7. Основные задачи изысканий и их составные части 682
§ 8. Изыскания и исследования для составления проектного задания 683
1. Выяснение причины и характера заболачивания . . . 683
2. Исследование заболоченной площади 684
3. Исследование водоприемника 686
4. Изыскания на заболоченных площадях 687
5. Изыскания по удалению внешних вод 688
6. Прочие исследования 688
7. Отчетные материалы . . . 689
§ 9. Изыскания и исследования для составления технического проекта 689
1. Исследования заболоченной площади 689
2. Исследования водоприемника 692
3. Изыскания по удалению внешних вод 693

Стр.

4. Изыскания по отводу дренируемых вод 694
5. Прочие исследования 694
6. Последовательность работ и их особенности 695
7. Отчетные материалы 696

Глава IV

Изыскания и исследования для составления проектов водоснабжения

§ 10. Изыскания для составления проектной схемы или проектного задания 697
1. Изыскания источника водоснабжения 697
2. Изыскания водоводов (условия подачи воды к месту потребления) 698
3. Исследования района или пункта потребления воды . . 698
4. Исследования по вопросу сброса сточных вод 700
5. Прочие исследования . . . 700
6. Отчетные материалы 701
§ 11. Изыскания для составления технического проекта . . . 702
1. Изучение источника водоснабжения 702
2. Изыскания по условиям подачи воды к месту потребления 705
3. Исследование района или пункта потребления воды . . 706
4. Исследования по вопросу сброса сточных вод 706
5. Прочие исследования 707
6. Отчетные материалы 707

Глава V

Изыскания и исследования по использованию водной энергии

§ 12. Основные задачи и состав исследований 709
§ 13. Изыскания для выяснения общих энергетических ресурсов реки 709
1. Топографические работы . . 709
2. Гидрологические исследования 710
3. Геологические исследования 710
4. Экономические работы . . 710
5. Изучение водного хозяйства 711
6. Фотоработы 711
7. Последовательность работ и их особенности 711
8. Отчетные материалы 711
§ 14. Изыскания для составления проектного задания гидроустановки 712
1. Изучение участка реки в зоне влияния гидростанции . . 712
2. Исследование места плотины или гидростанции . . . 713
3. Изыскание трассы деривации 713
4. Прочие исследования 714

Стр.

5. Последовательность работ и их особенности 714
6. Отчетные материалы 715
§ 15. Изыскания для составления технического проекта гидроустановки 716
1. Изучение участка реки в зоне влияния гидростанции . . 716
2. Исследование места плотины или гидростанции 716
3. Изыскание трассы деривации 717
4. Прочие исследования 717
5. Изыскание линий электропередач 718
6. Отчетные материалы 718

Глава VI

Исследования и изыскания для составления проектов регулирования рек

Основные задачи и состав исследований

§ 16. Исследования для выбора места для водохранилища 719
1. Установление заданий . . . 719
2. Топографические работы . . 719
3. Гидрологические исследования 720
4. Геологические и гидрогеологические работы 720
5. Изучение водного хозяйства 720
6. Экономические исследования 720
7. Фотографические работы . . 721
8. Последовательность работы . 721
§ 17. Исследования чаши водохранилища 721
1. Топографические работы . . 721
2. Гидрологические исследования 721
3. Геологические и гидрологические работы 721
4. Изучение водного хозяйства 721
5. Почвенно-ботанические исследования 721
6. Фотоработы 722
§ 18. Исследования места постройки плотины водохранилища . . . 722
1. Топографические работы . . 722
2. Гидрологические исследования 722
3. Геологические и гидрологические работы 722
4. Организационно-строительные исследования 722
5. Фотоработы 723
6. Отчетные материалы 723
§ 19. Исследование участка реки, на котором намечено регулирование русла 723
1. Топографические исследования 723
2. Гидрологические работы . . 724
3. Геологические исследования 724
4. Изучение водного хозяйства 724
5. Экономические исследования 724
6. Организационно-строительные исследования 725

Стр.

7. Фотоработы 725
8. Отчетные материалы 725
§ 20. Исследование рек в целях обвалования их 725
1. Топографические работы . . 725
2. Гидрологические исследования 725
3. Геологические исследования 726

Стр.

4. Почвенно-грунтовые и геоботанические исследования . . 726
5. Изучение водного хозяйства 726
6. Экономические исследования 726
7. Организационно-строительные исследования 726
8. Фотоработы 726
9. Отчетные материалы 726

ТОМ II

ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Под редакцией проф. М. М. ГРИШИНА

В составлении II тома приняли участие и отдельные разделы и главы в основном составили:

Раздел первый — проф. ГРИШИН М. М.
Раздел второй: главы I, II, IV — инж. КОТОВ Н. Г., глава III — проф. ГРИШИН М. М., глава V — инж. ФЕДОРОВ И. А. и инж. ПЛАТОН В. М.
Раздел третий: глава I — проф. ГРИШИН М. М., главы II—IX — инж. ИОГАНСОН Е. И., главы X, XI, XV — инж. БЕЛКОВА Е. Н., глава XII — инж. КНИЖНИКОВ Б. К., главы XIII—XIV — инж. ТРОИЦКИЙ В. А. и инж. МАШКЕВИЧ О. Т.
Раздел четвертый: главы I — V, VII инж. НИФАНТОВ А. П., глава VI проф. НИФАНТОВ А. П. и проф. ЗАМАРИН Е. А., главы VIII — IX — проф. РОЗОВ Л. П. и доц. АСТАПОВ С. В., глава X — доц. ЧЕРКАСОВ А. А., главы XI — XII — проф. КАЛИННИКОВ А. В.
Раздел пятый: главы II — IV — д-р ПОЛЯКОВ Н. В. и ЧАПЛИН Н. М.
Раздел шестой: глава I — проф. АППОЛОВ Б. А., глава II — инж. ТАЛЫЗИН А. А., глава III — инж. ТАЛЫЗИН А. А. и БРУДАСТОВ В. И., главы IV—V — инж. ТАЛЫЗИН А. А., глава VI — проф. ГРИШИН М. М. и инж. ТАЛЫЗИН А. А.

Материал авторов подвергся обработке и в некоторых случаях дополнениям со стороны редактора тома.

Гидромеханизация
Инв. № 3618
Библиотека Таджикистана

РАЗДЕЛ I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ГЛАВА I

ЗАДАЧИ ИЗЫСКАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ

§ 1. Водное хозяйство и его отрасли

Водохозяйственные мероприятия разбиваются на следующие виды или отрасли:

а) Использование вод для с.-х. целей, т. е. создание в почве наиболее благоприятного водного режима, обеспечивающего максимальную урожайность с.-х. культур. Этот вид водного хозяйства относится к мелиорации земель и технически выражается орошением, или ирригацией земель, или осушением их.

б) Использование вод в целях получения энергии для промышленности, транспорта и бытовых потребностей путем устройства гидросиловых или гидроэлектрических станций. Этот вид водного хозяйства носит название использования, или утилизации, водной энергии.

в) Использование вод в целях транспорта грузового и пассажирского — самый древний вид использования рек. Это — отрасль водного хозяйства, именуемая водным транспортом, который включает в себя судоходство и лесосплав.

г) Использование вод для питьевых, хозяйственных и промышленных целей как элемента технологических процессов. Эта отрасль водного хозяйства обнимает собою водоснабжение населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий и транспорта, а также удаление использованных или сточных вод (канализация).

д) Использование водных недр, наиболее важным представителем которого является рыбное хозяйство, затем, например, добыча соли и др.

Кроме перечисленных пяти основных отраслей водного хозяйства, связанных с использованием вод, существует ряд мероприятий по защите от вредного действия вод: наводнений, затоплений, разрушений берегов, завалов и заилений земель наносами и пр. Все эти мероприятия относятся к области регулирования рек и потоков.

Все водохозяйственные мероприятия осуществляются с помощью гидротехнических сооружений, задерживающих и накопляющих воду (подпорные сооружения), подводящих и отводящих ее (каналы, трубопроводы, тоннели), регулирующих режим реки (регуляционные, или выправительные сооружения) и выполняющих другие специальные задачи.

§ 2. Данные, необходимые для проектирования и постройки водохозяйственных предприятий или сооружений

Основные необходимые для проектирования данные следующие:

1. Топографические или гипсометрические данные позволяют судить о рельефе земной поверхности, водотоков и водоемов, входящих в схему проектируемых мероприятий, а также о ситуации населенных пунктов, промышленных предприятий, с.-х. угодий, путей, транспорта и пр., словом — это карты и планы (в тех или иных масштабах) района проектируемой водохозяйственной системы.

2. Климатологические и гидрологические данные, т. е. сведения о метеорологических условиях района и гидрологии его, характеризуют гидрографию водотоков и водоемов, режим их, колебания образующих гидрологический режим факторов в связи с климатическими элементами района или бассейна.

3. Геологические, гидрогеологические и почвенно-грунтовые данные характеризуют обнимаемый проектной схемой район в части геологического его строения, геологических процессов в прошлом и настоящем, его литологии, в отношении запасов и режима подземных вод и, наконец, в отношении поверхностного, или почвенного слоя земной коры (последние данные особенно важны в случае мелиорации земель). Одновременно с данными о почвах полезны и сведения о растительном покрове (геоботанические данные).

4. Водохозяйственные данные составляются из сведений о существующем в районе использовании вод: существующем орошении или осушении, использовании водной энергии и т. п. При оросительно-осушительных мероприятиях весьма важными являются данные о нормах потребления воды с.-х. культурами (гидромодуль) и ряд сведений агрономического характера.

Водохозяйственные данные необходимы для увязки проектируемого использования вод с существующим.

5. Экономические данные характеризуют хозяйственное положение района, динамику его, связь с общим народным хозяйством страны и необходимы для обоснования целесообразности проектируемых мероприятий с народнохозяйственной точки зрения и оценки влияния их на общее развитие хозяйства в районе.

6. Организационно-строительные сведения необходимы для составления проекта и плана производства строительных работ по осуществлению запроектированных водохозяйственных мероприятий, как-то: сведения о строительных материалах, оборудовании, путях сообщения, снабжении строительства энергией, водой, рабсилой и т. п.

§ 3. Способы получения исходных материалов

Все данные, необходимые для составления проекта водохозяйственных мероприятий и строительства, получаются путем изысканий и исследований.

Если изыскания и исследования были проведены кем-либо ранее и материалы их опубликованы или хранятся в определенных местах, то данные этих изысканий получаются путем камеральных работ, т. е. без выезда «в поле». Если таких изысканий и исследований не было или они недостаточны, то требуемые материалы получаются путем полевых работ и последующей камеральной обработки их.

Таким образом данные для проектирования получаются в общем случае путем изысканий и исследований, состоящих из камеральных и полевых работ. Разница между исследованиями и изысканиями заключается в том, что при исследованиях подвергаются изучению существующие в природе объекты, например рельеф земной поверхности, реки, озера, моря, геологическое их строение в определенной площади земли и т. п., при изысканиях же целью работ является нахождение решений поставленных задач, например нахождение места наивыгоднейшего расположения плотины и водохранилища, наивыгоднейшей трассы ирригационного канала или тоннеля и т. п. Изыскания всегда предполагают и исследования, т. е. изучение существующих объектов, исследования же не всегда связаны с изысканиями. Ввиду отсутствия в практике четкости наименований и определений изысканий и исследований оба последних термина будут применяться в дальнейшем по возможности с учетом очерченного выше их различия.

ГЛАВА II

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗЫСКАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ

§ 4. Типы и стадии проектирования водохозяйственных мероприятий и сооружений

Составление водохозяйственных проектов проходит ряд этапов, постепенно уточняющих и конкретизирующих решение данной проблемы. Таких этапов, или стадий, проектирования 3. При составлении проектов водохозяйственных мероприятий и сооружений необходимо руководствоваться постановлением СНК СССР от 23 мая 1936 г. и специальными инструкциями соответствующего Наркомата.

§ 5. Виды изысканий в зависимости от стадии выполнения водохозяйственных мероприятий

Изыскания и исследования, с помощью которых получаются данные необходимые для проектирования водохозяйственных мероприятий, различаются по своему составу, содержанию и задачам в зависимости от стадии проектирования и осуществления этих мероприятий.

В связи с этим необходимо различать:

1. Изыскания и исследования для составления общей схемы. Эти изыскания сводятся главным образом к камеральным работам по собиранию, систематизации и изучению литературных материалов, материалов исследований прошлых лет, касающихся разнообразных сторон данного объекта, и лишь при недостатке этих данных проводятся полевые работы характера рекогносцировочного и полуинструментального с минимумом инструментальных съемок и работ.

2. Изыскания и исследования для составления проектного задания должны дать все необходимые основные данные для проектировочных работ, но без особой детализации.

Изыскания эти включают в себя обязательно инструментальные работы и носят иногда название облегченных, или предварительных, исследований и изысканий.

3. Изыскания и исследования для составления технического проекта являются по своему содержанию и составу наиболее полными и подробными,

включая в себя даже и моменты подготовки непосредственно к строительству (опытные работы, исследования непосредственно для строительства).

4. Строительные изыскания представляют собой работы по получению различных данных в период строительства водохозяйственных сооружений, а также различные исследования, ведущиеся в процессе строительства и в помощь ему. По содержанию своему изыскания эти близки к изысканиям для технического проекта, но включают в себя специальные разделы по разбивке сооружений на месте и привязке их к общей сети, геологические исследования в процессе производства земляных и скальных работ, исследования строительных материалов, изыскания дорог для строительства, временного его водоснабжения и пр.

5. Эксплоатационные изыскания представляют собою особую группу исследований и изысканий, составленных из тех же элементов, что и изыскания типа 1—3, но имеющих целью проверку действия выстроенной водохозяйственной системы и получение материалов для разработки мер по улучшению или дальнейшему развитию ее. Сюда же относятся текущие наблюдения на действующей системе, без которых управление ею было бы вообще невозможно, например, водомерные наблюдения, учет заиления и т. п.

§ 6. Классификация изысканий по водохозяйственным целям

Изыскания и исследования в области водного хозяйства различаются между собою по целевому и хозяйственному назначению. В этом отношении изыскания и исследования делятся на следующие виды:

1. Исследования для составления водного кадастра имеют целью получение достаточных сведений о водах того или иного района или области, по определенной форме собранных для включения в кадастр вод, т. е. свод систематических данных о водах, позволяющий планировать и проектировать различные водохозяйственные мероприятия.

Эти исследования ведутся по стандартным программам, установленным положением о кадастре вод (см. ниже, раздел шестой).

2. Изыскания и исследования для орошения земель обнимают собою цикл работ по получению необходимых данных для проектирования оросительных систем: характеристика источника орошения, способы и трасса подачи воды на орошаемую площадь, природные данные по самой орошаемой площади и сбросу с нее избыточных вод.

3. Изыскания и исследования для осушения земель имеют целью получение данных, характеризующих природные условия и режим заболоченных или затапливаемых земель, путей спуска избыточных вод и водоприемников, куда эти воды могли бы быть сброшены.

4. Изыскания и исследования по с.-х. обводнению и водоснабжению имеют целью сбор необходимых сведений и материалов для составления проектов обводнения и водоснабжения районов сельскохозяйственных (совхозы, колхозы), промышленных и транспортных предприятий, а также населенных пунктов (коммунальное водоснабжение). Объектами исследований служат источники водоснабжения и обводнения, их режим, линии трассы, подающих воду водоводов, территория, снабжаемая водою, линии и трассы удаления использованных (сточных) вод и места приема сбрасываемых вод.

5. Изыскания и исследования по использованию водной энергии обнимают собою комплекс работ, в результате которых получаются данные, необходимые для составления проекта утилизации водных сил в бассейне той или иной реки или на определенном участке последней. Объектами исследований служат реки, их долины, полосы трассы деривационных каналов, тоннелей, штолен, трубопроводов, места для устройства собственно гидростанций.

6. Изыскания и исследования для нужд водного транспорта проводятся с целью составления проектов улучшения естественных водных путей или создания новых (каналы), устройства портов и пр. При этом имеются в виду два вида транспорта: судоходство и сплав леса. Указанные изыскания, как специальные, в состав настоящего «Справочника» не входят, поскольку они имеют достаточное освещение в литературе.

7. Изыскания и исследования по регулированию рек имеют в виду получение данных для проектирования мероприятий по защите речных долин от вредных воздействий потоков, как наводнения, затопления, разрушения берегов, перемещения русел, борьба с наносами и пр., а также данных для проектирования работ по регулированию речного стока. Указанные исследования и изыскания могут входить в перечисленные выше виды изысканий (пп. 2—6), но могут быть и самодовлеющими.

8. Прочие изыскания и исследования. Помимо перечисленных 7 видов изысканий и исследований можно отметить еще ряд изысканий, правда, меньшего объема:

а) изыскания для устройства рыбоводных прудов или для мелиорации рыбопромысловых водоемов;

б) изыскания минеральных вод в целях бальнеологических (курортно-лечебных);

в) исследования озер в целях добычи соли;

г) изыскания различных водоемов для использования их в целях спортивных и т. п.;

д) комплексные водохозяйственные исследования являются синтезом нескольких целевых изысканий и исследований и проводятся обычно в целях составления проекта комплексного (всестороннего) использования водных ресурсов того или иного района, например в интересах орошения земель, водного транспорта и использования водной энергии (примеры: «Большая Волга», «Б. Днепр» и т. п.).

Эти исследования являются логическим следствием основного принципа рационального водного хозяйства: водные ресурсы должны использоваться планомерно, всесторонне и согласованно по отношению ко всем отраслям народного хозяйства.

От исследований для водного кадастра комплексные водохозяйственные исследования и изыскания отличаются наличием более конкретной водохозяйственной цели, что конкретизирует и объем и содержание исследований, в то время как кадастровые исследования ограничены определенными общими стандартными рамками.

§ 7. Общая организация и планирование изысканий и исследований в СССР по водному хозяйству и мелиорации

1. Состав изысканий и исследований по водному хозяйству

Перечисленные в § 6 изыскания и исследования складываются из отдельных элементов или работ, освещающих отдельные стороны или объекты всей стоящей перед проектировщиками или строителями задачи. Эти отдельные работы следующие:

а) **топографо-геодезические** (см. § 2);

б) **климатологические и гидрологические** (см. § 2);

в) **геологические, гидрогеологические и почвенно-грунтовые исследования,** имеющие целью получение необходимых сведений о геологическом строении района или объекта, подземных водах и их деятельности, строительных качествах пород, слагающих верхние слои земной коры, а также о почвах,

их составе и динамике, отношении их к тем изменениям, которые будут внесены в них проектируемыми гидротехническими сооружениями;

г) **прочие и специальные изыскания и исследования,** к которым относятся различные работы, как-то:

1) геоботанические исследования, являющиеся дополнением к почвенным и им сопутствующие. Исследования необходимы для мелиоративной и сельскохозяйственной оценки земель;

2) гидромодульные исследования, имеющие целью выяснение целесообразных норм и сроков полива земель при орошении или норм стока с осушаемых площадей; производятся при оросительных и осушительных изысканиях;

3) исследования рыбного хозяйства (гидробиологические), имеющие целью изучение условий рыбного промысла и возможности его ухудшения в связи с устройством проектируемых гидротехнических сооружений;

4) исследования существующего водного хозяйства, т. е. существующего использования вод (водный транспорт, гидроустановки, осушительные и оросительные системы, водоснабжение и пр.), водохозяйственных сооружений, их работы и пр. Эти исследования необходимы для увязки новых проектируемых мероприятий с существующими;

5) экономические исследования;

6) организационно-строительные изыскани (см. § 2);

7) прочие разные исследования и работы, как например фотографические, археологические и т. п.

Из перечисленных видов работ топографо-геодезические, климатологические и гидрологические, геологические и почвенно-грунтовые являются основными при всех водохозяйственных проектировках, равно как и исследования водного хозяйства и экономические, прочие же и специальные ведутся в зависимости от объекта и задания.

2. Организация геодезической службы и топографо-геодезических изысканий и исследований

Топографо-геодезическими работами занимаются многочисленные ведомства и организации. Лишь в последнее время был установлен определенный порядок согласования, планирования и использования топографо-геодезических данных согласно постановлению Совнаркома СССР № 1698 от 14 ноября 1932 г.

Приложение

О КОНЦЕНТРАЦИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ОБЩЕГОСУДАРСТВЕННЫХ ЦЕЛЯХ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ, АЭРОСЪЕМОЧНЫХ, КАРТОГРАФИЧЕСКИХ И ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Постановление Совета народных комиссаров Союза ССР. Москва, Кремль, №1695, 14 ноября 1932 г. (С. З. 1932 г., № 78, стр. 479).

Для создания условий, обеспечивающих использование топографо-геодезических, аэросъемочных, картографических и гравиметрических материалов, в целях общегосударственной картографии, осуществляемой для нужд социалистического строительства и обороны страны, Совет народных комиссаров Союза ССР постановляет:

1. Обязать все ведомства, учреждения, организации, ведущие для различных целей (геологии, землеустройства, лесоустройства, мелиорации, изысканий, научных исследований и пр.) топографо-геодезические, аэросъемочные, картографические и гравиметрические (маятниковые) работы, производить их с соблюдением единообразных технических условий, устанавливаемых общеобязательными правилами и инструкциями, утвержденными президиумом Госплана СССР, в которых для соответствующих случаев непременно должны быть предусмотрены: а) надежное, рассчитанное на долгий ряд лет закрепление в натуре необходимого числа опорных точек; б) проведение съемок в стандартизованных масштабах полными трапециями или их частями на геодезической основе, привязанной к государственной триангуляции; в) нанесение рельефа при съемках; г) привязка ведомственных нивелировок к государственной нивелирной сети и д) употребление однообразных условных знаков.

2. Возложить на Главное геодезическое управление НКТП СССР по Всесоюзному геодезическому справочному бюро (ВГСБ) с его филиалами учет, собирание, систематизацию и хранение сведений и материалов по работам астрономо-геодезическим, гравиметрическим, съемочным, нивелирным, картографическим и инженерно-геодезическим изысканиям, а также выдачу справок по ним и ежегодное издание картограмм, диаграмм, топографо-геодезической и гравиметрической изученности СССР.

3. Предложить Всесоюзному геодезическому справочному бюро к 1 апреля 1933 г. произвести учет и сбор указанных в ст. 2-й материалов по наличию на 1 января 1933 г. и в дальнейшем установить их систематическое собирание.

4. Обязать поименованные в ст. 1-й ведомства, учреждения и организации к 1 апреля 1933 г. на основании полной инвентаризации и паспортизации, проведенной на 1 января 1933 г., представить в ВГСБ сведения и материалы (ст. 2), необходимые для разового учета и сбора (ст. 3), и в дальнейшем регулярно представлять их с соблюдением сроков, правил и форм, установленных как для разового учета и сбора инструкцией, утвержденной президиумом Госплана СССР.

5. Обязать Главное геодезическое управление НКТП СССР вести использование всех получаемых (ст. ст. 3 и 4) в стране геодезических и съемочных материалов в целях общегосударственной картографии, возложив на него составление, издание и поддержание на уровне современности основных топографических карт Союза ССР.

6. Содержание ВГСБ и его филиалов, а также составление и издание основных топографических карт СССР отнести на общесоюзный бюджет по смете Главного геодезического управления.

7. Обязать все ведомства, учреждения и организации, ведущие топографо-геодезические, аэросъемочные, картографические, гравиметрические и изыскательские работы, базирующиеся на предыдущих, ежегодно включать в свои сметы, или промфинпланы, и калькуляции потребные кредиты и расходы, связанные с выполнением ст. ст. 1-й и 4-й настоящего постановления.

8. Предложить НКФ и НКТП СССР предусмотреть по смете последнего в 1933 и 1934 гг. ориентировочно 2 млн. руб. на постройку и оборудование специального здания под Всесоюзное картохранилище.

9. Предложить Госплану СССР утвердить инструкцию по применению настоящего постановления и систематически наблюдать за его выполнением.

Заместитель Председателя СНК Союза ССР
(Куйбышев)

Заместитель Управляющего делами СНК Союза ССР
(И. Межлаук).

В настоящее время центральным учреждением, ведущим государственную съемку и координирующим топографо-геодезические работы всех ведомств, является Главное Управление Государственной съемки и картографии (ГУГСК) НКВД СССР. Наряду с ним те же работы по основной государственной съемке ведет Военно-топографическое управление.

Эти два учреждения и их местные органы и полевые партии ведут основную триангуляцию (I и II классов), государственные нивелировки высокой точности и точные, а также съемку в масштабе 1:50 000 и более мелких.

Триангуляции III и более низких классов, нивелировки повышенной точности и технические, а также съемки в масштабе 1:25 000 и более крупных, могут вестись различными учреждениями. В области водного хозяйства указанные топографо-геодезические работы ведутся:

1) проектно-изыскательскими партиями, как например Гидропроиз (трест Гидротехнического проектирования и изысканий), Мелиогидрострой и его местные отделения, Гипроводтранс (по ведомству водного транспорта), Лесосплавстрой (по водному транспорту), Гидроэлектропроект (по использованию водной энергии), Водоканалпроект, Коммуи-

строй (по водоснабжению), Сазгипровод — крупная местная организация — Среднеазиатский институт по проектированию и изысканиям;

2) отдельными проектно-изыскательскими организациями, образованными для отдельных водохозяйственных проблем, как, например, «Нижневолгопроект» — организация по проектированию ирригации Заволжья и реконструкции Нижней Волги, или «Манычское бюро» при Северокавказском крайисполкоме — для проектирования Манычского канала и связанных с ним водохозяйственных проблем и др.;

3) водностроительными организациями, как, например, Управление строительства канала Волга — Москва, Волгострой НКВД, Плавстрой (Управление по осушению и освоению Кубанских плавен), Вахшстрой и др.;

4) научно-исследовательскими институтами, как например, Государственный гидрологический институт, вузы и др.;

5) различными геодезическими и гидротехническими организациями по специальным поручениям и заданиям.

Методы топографо-геодезических работ в последнее время значительно стандартизированы инструкциями Главного геодезического управления (ныне ГУГСК); соответствующая литература приведена в разделе втором.

3. Организация и планирование метеорологических и гидрологических исследований

В настоящее время все метеорологические и гидрологические исследования и наблюдения объединены Главным управлением гидрометеорологической службы при СНК СССР (ГУГМС), на которое возложено планирование, методическое руководство исследованиями, концентрация, учет и хранение материалов по метеорологии, геофизике, гидрологии и гидрографии; на него же возложено составление кадастра вод СССР (см. ниже, раздел шестой настоящего «Справочника»).

Основная сеть гидрометрических станций и постов находится в ведении ГУГМС и его местных органов, специальные ведомственные посты обслуживаются соответствующими ведомствами, ведущими работу под методологическим наблюдением ГУГМС и сообщающими свои данные ему же.

Местные органы ГУГМС имеют в своем ведении:

а) по линии метеорологии — геофизические и метеорологические станции различных разрядов и классов;

б) по линии гидрологии — гидрометрические станции и водомерные посты.

Большое количество исследований и наблюдений все же производится попрежнему различными ведомствами и организациями. К ним относятся:

1) проектно-изыскательские тресты, упомянутые в п. 2 § 7 (организация, топографо-геодезических исследований);

2) отдельные проектно-изыскательские организации (см. там же);

3) водностроительные организации (см. там же);

4) водноэксплоатационные организации, например управления речного транспорта, лесосплавные конторы Союзлесосплава, существующие гидростанции, оросительные и осушительные системы, опытные станции НКЗ, коммунхозы и др.;

5) учреждения железнодорожного и автогужевого транспорта — ведут многочисленные метеорологические, водомерные и частью гидрометрические наблюдения;

6) научно-исследовательские институты и в первую очередь Государственный гидрологический институт, явившийся после Великой Октябрьской революции научным гидрологическим центром и сохраняющий и в настоящее время научное руководство в системе ГУГМС*, проводя наряду с этим многочисленные гидрологические исследования. Кроме Государственного гидрологического института исследования в области гидрологии ведут институты водного хозяйства: Украинский и Закавказский, Институт водного транспорта, водного лесотранспорта и ряд других.

4. Организация и планирование геологических и гидрогеологических исследований

До последнего времени не было центра, объединяющего все геологические и гидрогеологические исследования. Существовавший прежде Геологический комитет и его отделения несколько лет назад были влиты в геолого-разведочные управления по областям и краям с центром в Москве («Союзгеоразведка»), на который возложена обязанность планирования, общего руководства и самого производства геолого-разведочных работ. Это управление ведает и общей геологической съемкой СССР и концентрирует у себя все материалы по геологии страны.

Геологические и гидрогеологические исследования, кроме органов ГГРУ центральных и местных, ведут еще следующие учреждения и организации:

1) проектно-изыскательские тресты, упоминавшиеся уже выше (пп. 2, 3), нередко имеющие свои геологические отделы. Кроме того имеются специальные тресты по бурению, как, например, буровой трест Союзводстроя;

2) отдельные проектно-изыскательские организации, частью поручающие геологические исследования ГГРУ или специальным научно-исследовательским институтам, частью же ведущие их своими геологическими отделами (например Нижневолгопроект, Гидроэлектропроект и др.);

3) водностроительные организации, иногда производящие геологические исследования своими силами, например Строительство канала Волга — Москва;

4) Академия наук и научно-исследовательские институты. Академия наук имеет обширный кадр геологов и геологический институт, которые ведут геологические исследования общего значения или по заданиям промышленности во всех частях Союза.

Из научно-исследовательских институтов следует отметить: а) Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт (ЦНИГРИ) в Ленинграде, б) Научно-исследовательский институт водоснабжения, гидротехники и инженерной гидрогеологии («Водгеоинститут») в Москве, ведущий большие инженерно-геологические и гидрогеологические исследования, главным образом для гидротехнического строительства, в) Государственный гидрологический институт, ведущий учет подземных вод, г) Закавказский институт водного хозяйства, д) Научно-исследовательский институт оснований и фундаментов (ВИОС) в Москве, работающий главным образом в области грунтов как оснований для инженерных сооружений, е) прочие институты, работающие в области минерального сырья, угля, нефти, стройматериалов и т. п., ж) вузы — по линии их геологических кафедр;

5) различные строительные, транспортные, сельскохозяйственные учреждения и организации большею частью поручают геологические исследования специальным трестам или институтам, но иногда ведут небольшие ис-

* В настоящее время идет организация ГУГМС вместо бывшей ЦУЕГМС, и внутренняя структура ГУГМС еще окончательно не установлена. Это относится и к последующему изложению.

следования и самостоятельно. Следует отметить еще органы, ведающие вопросами водоснабжения, у которых имеются значительные материалы по гидрогеологии (бурение на воду).

5. Почвенные исследования и исследования грунтов

Первые ведутся для сельскохозяйственных и агромелиоративных целей, вторые в целях главным образом строительных.

Почвенные исследования имеют свой научный центр в Академии наук СССР в лице Почвенного института им. Докучаева. Почвенные исследования ведутся Академией наук, затем научно-исследовательскими институтами удобрений и агропочвоведения (ВИУА), Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (Москва), Закавказским институтом водного хозяйства, кафедрами почвоведения вузов.

Кроме того, проектно-изыскательские тресты и отдельные проектно-изыскательские организации в области водного хозяйства (см. пп.2—3), а также органы наркоземов ведут почвенные исследования самостоятельно.

Исследования грунтов в целях строительных представляют собою только начинающую развиваться отрасль изысканий. Центром таких исследований являются научно-исследовательские институты: Институт оснований и фундаментов (ВИОС), Институт водоснабжения, гидротехники и инженерной геологии («Водгеоинститут») в Москве, затем Институт гидротехники в Ленинграде, Институт гидротехники и мелиорации в Москве, Закавказский институт водного хозяйства и др.

Специальные отделы и лаборатории по исследованию грунтов имеют у себя многие строительства, как, например, Свирьстрой, Строительство канала Волга — Москва и др. Наконец, многие вузы по соответствующим кафедрам (основания и фундаменты, инженерная геология) также ведут исследования по грунтам.

6. Организация и планирование прочих и специальных исследований

Прочие и специальные изыскания и исследования, к которым в принятой классификации (§ 7, п. 1) отнесены геоботанические, гидромодульные, рыбохозяйственные, водохозяйственные, экономические, организационно-строительные и др., имеют довольно разнообразную организацию, не всегда объединяемую, хотя бы методологически, каким-либо центром.

а) **Геоботанические исследования** имеют научный центр в Академии наук (ряд крупных исследовательских учреждений, как, например, Главный ботанический сад), затем исследования эти ведут Академия с.-х. наук им. Ленина с ее многочисленными институтами, специализированными по различным культурам, ботанические институты и кафедры университетов и вузов и др.

Некоторые проектно-изыскательские организации по водному хозяйству имеют свои геоботанические группы.

б) **Гидромодульные исследования** имеют руководящий центр в лице Научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации в Москве (по некоторым областям и краям имеются такие же институты) и других специализированных институтов Ленинской академии, например НИХИ, Институт зерна и др. Непосредственные исследования и наблюдения по гидромодулю ведутся на опытно-исследовательских станциях и участках на местах, а также специальными экспедициями опытных станций специализированных институтов и институтов гидротехники и мелиорации.

Кроме того, многие проектно-изыскательские и эксплоатационные учреждения и организации в области мелиорации имеют свои гидромодульные группы.

в) **Исследования рыбного хозяйства** ведутся почти исключительно органами, руководящими рыбным хозяйством в Союзе, и местными их развлениями. Научными центрами рыбохозяйственных и ихтиологических исследований являются Академия наук, Институт рыбного хозяйства, научно-промысловые экспедиции и ихтиологические станции. Частично эти исследования ведутся Государственным гидрологическим институтом и отдельными специалистами по рыбному хозяйству.

г) **Исследования существующего водного хозяйства** не имеют общего руководящего центра, как и само водное хозяйство СССР, если не считать Сектора водных ресурсов Госплана СССР, планирующего наиболее крупные водохозяйственные мероприятия. Данные о существующих и проектируемых водохозяйственных системах разбросаны по отдельным наркоматам и учреждениям: хлопковое управление НКЗ СССР (по линии мелиорации и с.-х. водоснабжения), Наркомвод (водный транспорт), Наркомтяжпром — Главэнерго (использование водной энергии), Наркомлес (лесосплав), Наркомхоз (водоснабжение, канализация городов), НКПС (железнодорожное водоснабжение) и др. Исследования водного хозяйства проводятся как планирующими, так и эксплоатирующими и строящими организациями. Ведут их еще чаще работники проектно-изыскательских организаций.

д) **Экономические исследования.** Все данные, касающиеся народного хозяйства СССР, собираются и обрабатываются Центральным управлением народнохозяйственного учета (ЦУНХУ) и его местными органами. Кроме того, вопросами экономики народного хозяйства занят Госплан СССР, республиканские госпланы и плановые комиссии на местах. По отдельным отраслям народного хозяйства экономические материалы концентрируются в соответствующих ведомствах.

Экономические исследования, связанные с водохозяйственными мероприятиями, ведутся экономистами соответствующих изыскательских партий и организаций.

е) **Организационно-строительные изыскания** ведутся непосредственно изыскательскими партиями, но некоторые вопросы иногда поручаются специальным организациям: например по строительным материалам, по изысканию дорог и т. п.

§ 8. Материалы по изысканиям и исследованиям, их хранение и опубликование

Изыскания и исследования по водному хозяйству ведутся различными ведомствами и организациями уже давно, причем в результате их накоплены очень ценные и многочисленные материалы. При всяких новых изысканиях и исследованиях необходимо прежде всего ознакомиться с опытом и данными ранее проведенных исследований по интересующему исследователя объекту.

Материалы изысканий и исследований частью публикуются в виде специальных изданий, отчетов, сборников, статей в периодических органах печати, частью же хранятся в неопубликованном виде в архивах учреждений.

1. Хранение неопубликованных материалов

При разносторонности водохозяйственных исследований и изысканий невозможно концентрировать материалы их в одном каком-либо месте, почему существует ряд учреждений, где эти материалы хранятся.

а) **Топографо-геодезические и картографические материалы** согласно положению концентрируются в Отделе Государственной Изученности Главного Управления Государственной съемки и картографии (ОГИ ГУГСК НКВД).

б) **Метеорологические и гидрологические материалы** согласно новому положению концентрируются в Центральной секции учета и хранения Государственного гидрологического института Главного управления гидрометеорологической службы (ГУГМС) СССР, которая ведет «Общий систематический каталог архивных материалов по водным ресурсам СССР». Собственно данные по метеорологии концентрируются в Главной геофизической обсерватории Союза ССР.

в) **Геологические и гидрогеологические материалы** концентрируются в Главном геолого-разведочном управлении и научно-исследовательских учреждениях, перечисленных в п. 4, § 7 (см. выше). Единого центра по учету и хранению материалов по геологии пока не создано.

г) **Материалы различных специальных изысканий хранятся** в учреждениях, проводивших эти изыскания и исследования и перечисленных выше, пп. 5—6, § 7.

2. Материалы прежних исследований

В настоящее время концентрация даже основных материалов прошлых лет далеко еще не проведена, поэтому важно знать, где подобные материалы следует искать. Помимо указанных в п. 1, § 8 учреждений, где можно получить общие справки, во всяком случае, необходимо отметить еще следующее:

а) **Исследования по мелиорации.** В дореволюционное время исследования велись сначала отдельными экспедициями [например, Западная экспедиция по осушению болот (Полесье) 1873—1898 гг., экспедиция по орошению на юго-востоке России и на Кавказе (1880—1891 гг.), исследования Терека, Мургаба и др.], а затем, с организацией в 1909 г. Отдела земельных улучшений при Главном управлении земледелия и землеустройства, потом Министерства земледелия, начались систематические изыскания и исследования в Средней Азии, на Кавказе, в Сибири и европейской части России специальными партиями и управлениями изысканий.

После революции исследования производились в 1918—1921 гг. Главным комитетом государственных сооружений ВСНХ, а затем органами Народного комиссариата земледелия—центральными и местными.

Материалы мелиоративных изысканий находятся в архивах наркомземов Союза и республиканских, в крайзу и облзу, частью даже в районных органах.

б) **Исследования по использованию водной энергии** начались лишь во втором десятилетии XX века, причем до революции они велись разрозненно, в известной мере случайно (отметим реки Волхов, Свирь, Суна, Рион, Днепр и др.). Планомерные исследования начались с 1923—1925 гг. сначала центром и местными совнархозами, затем объединенные в систему Главэлектро (потом Энергоцентр, Главэнерго) и его местные отделения. В настоящее время исследования ведутся Гидроэнергопроектом (ГИДЭП) и его отделениями.

Почти все материалы сконцентрированы в перечисленных органах.

в) **Исследования по водному транспорту** исторически были первыми исследованиями наших рек, поскольку строительство водных путей восходит у нас к началу XVIII века. Организованную форму исследования приняли с 1874 г., с образованием так называемой Навигационно-описной комиссии инж. П. А. Фадеева), которая разработала ряд довольно долго действовавших инструкций, а наибольшего развития исследования достигли после

1904 г. (б. Управление внутренних водных путей и шоссейных дорог). Навигационно-описной комиссией были обследованы главнейшие реки: Волга, Днепр, Дон, Кама, Ока, Северная Двина, Волхов, сибирские: Обь, Томь, Иртыш, Ангара, Амур, после 1904 г. — прочие крупные реки, из них в Сибири притоки Амура, Лена, Енисей и др., затем реки Кавказа: Кубань, Рион, Кура и ряд речных соединений.

Материалы речных исследований для водного транспорта хранятся в архивах Народного комиссариата водного транспорта, его районных управлений (Северо-западное — в Ленинграде, Волжское — в Горьком и др.).

Кроме того, устьевые части рек исследовались еще Комиссией по улучшению коммерческих портов, а затем Отделом торговых портов Министерства торговли и промышленности, впоследствии (после революции) преобразованным в Центральное управление морского транспорта НКПС (ЦУМОР) и затем влитым в состав Наркомвода.

г) **Исследования по лесосплаву** фактически развились в последние 10 лет и велись органами лесного хозяйства б. ВСНХ СССР, а теперь Наркомлеса (Союзлесосплав, Лесосплавстрой). Эти исследования коснулись главным образом малых рек и притоков рек более крупных в районах лесных массивов. В частности проводились исследования на реках Карелии, Урала и горных реках Кавказа. Материалы исследований находятся в упомянутых выше учреждениях.

д) **Исследования по водоснабжению** проводились раньше или частными конторами или городскими самоуправлениями, на железных дорогах — ведомством путей сообщения. Материалы дореволюционных исследований трудно найти, они разбросаны по городским архивам, материалы железнодорожного водоснабжения находятся в архивах НКПС и отдельных управлений железных дорог.

Значительное развитие исследования для целей водоснабжения получили после революции в связи с бурным ростом социалистической промышленности, ее крупных гигантов и ростом городов. Материалы исследований однако не сконцентрированы в определенных местах, а находятся в различных проектно-изыскательских трестах (Водоканалпроект, Коммунстрой), предприятиях (например Магнитогорск), коммунхозах. Особо следует отметить систему водоснабжения предприятий Донецкого бассейна, где были проведены крупные исследовательские работы, продолжающиеся и в настоящее время, причем работы и материалы концентрируются в особом тресте по эксплоатации водопроводов Донбасса — Донбассводтресте.

Касаясь исследований и изысканий по элементам их работ, следует указать местонахождение материалов прежних лет.

1) Топографо-геодезические материалы. Материалы находятся в ОГИ ГУГСК НКВД, Военнотопографическом управлении, а по съемкам собственно рек, долин и пр., являвшихся объектами водохозяйственных исследований, в учреждениях, проводивших последние (см. выше § 8, п. а—д). Известное количество планово-картографического материала имеется в местных земельных отделах и коммунхозах и в органах НКПС (полоса отчуждения железнодорожного транспорта).

2) Метеорологические и гидрологические материалы. Метеорологические данные концентрируются и издаются уже давно Главной физической обсерваторией. Сеть же станций ранее находилась в ведении разных учреждений: ведомства путей сообщения (железные дороги, водные пути), земледелия, городских управлений и пр.

Гидрометрические наблюдения в простейшей форме, в виде водомерных наблюдений, систематически начали вестись у нас с 1874 г. Министерством путей сообщения, впоследствии значительную сеть постов организовал

б. Отдел земельных улучшений Министерства земледелия и ряд других органов, но старейшие данные, проверенные и обработанные, можно найти только в изданиях Министерства путей сообщения («Сведения об уровне воды на внутренних водных путях России»).

Собственно гидрометрические наблюдения на постоянных станциях (определения расходов воды и пр.) развились позже и опять-таки в первую очередь на водных путях (Дубовская и Самарская станции на Волге с 80-х годов). С 900-х годов число станций б. Министерства путей сообщения возросло, и в 1912 г. дело получило стройную организацию; в тот же период создана была гидрометрическая организация б. Отдела земельных улучшений (с 1910 г.) сначала в Туркестане и на Кавказе, затем в европейской части России.

После революции организующая роль в области гидрологических исследований принадлежала Государственному гидрологическому институту, который постепенно объединил гидрологические исследования, сконцентрировав почти все материалы водомерных и гидрометрических наблюдений. В настоящее время единым центром в этой области является ГУГМС (см. выше).

3) Геологические материалы прежних лет почти все опубликованы. Подлинные материалы, коллекции образцов в большинстве своем находятся в Ленинграде, где они концентрировались в Геологическом комитете в Академии наук.

4) Прочие материалы. Прочие исследования, как почвенные, геоботанические, гидромодульные и др., имеют за небольшими исключениями (почвенные, ботанические) довольно краткую историю; материалы их хранятся в собиравших их организациях. В частности необходимо отметить большую роль, которую сыграл в почвенных обследованиях Докуч евский почвенный комитет.

8. Опубликованные и публикуемые материалы изысканий и исследований

Опубликованные материалы изысканий и исследований по специальности указываются в списках литературы ниже, в конце соответствующих разделов и глав «Справочника». Здесь же приводится список материалов и изданий, особо ценных, где можно получить разнообразные сведения по проведенным изысканиям и по самим обследованным объектам.

1. Труды Русского географического общества и его отделений («Известия» «Записки»).
2. Труды Комиссии по изучению естественных производительных с при Академии наук (КЕПС).
3. Известия Академии наук и другие ее издания.
4. Труды, сборники, известия и пр. научно-исследовательских институтов мелиорации, гидротехники, водного транспорта, водного лесотранспорта, водного хозяйства и др.
5. Материалы для описания русских рек и истории улучшения их судоходных условий, 74 выпуска, изд. б. Управления внутренних водных путей.
6. Труды Отдела торговых портов Министерства торговли и промышленности (ранее «Материалы Комиссии по описанию и улучшению русских коммерческих портов»).
7. Издания Главного энергетического управления б. ВСНХ, ныне Наркомтяжпрома.
8. Ежегодник Отдела земельных улучшений Главного управления земледелия и землеустройства (до 1916 г.).

9. Издания Народного комиссариата путей сообщения (в части водных путей и гидрофизических наблюдений на транспорте).
10. Известия Государственного гидрологического института (и другие его издания) с 1921 г.
11. Материалы по исследованию р. Волхова и его бассейна. Ленинград, 1924 и последующие годы.
12. Труды Военно-топографического отдела Главного штаба.
13. Издания Военно-топографического управления.
14. Издания Главного геодезического управления.
15. А. Тилло. Свод нивелировок.
16. С. Д. Рыльке. Каталог высот русской нивелировочной сети. 1894.
17. Летописи Главной физической обсерватории.
18. Издания Главной геофизической обсерватории.
19. Издания Гидро-метеорологического комитета.
20. Отчеты Гидрометрической части ОЗУ (в Туркестане, на Кавказе, в европейской части России).
21. Сведения об уровне воды на внутренних водных путях России по наблюдениям на водомерных постах за период 1881—1910 гг. (10 томов текста и атласов). Изд. б. министерства путей сообщения.
22. Труды Геологического комитета (обширные материалы по геологии СССР).
23. Ежегодники по минералогии и геологии России.
24. Издания Главного геолого-разведочного управления.
25. Отчеты Гидромодульной части б. ОЗУ.

В приведенном списке под № 1—11 значатся издания общего порядка, в большинстве дореволюционные и хранящие опыт прежних исследований. Под № 11 помещены материалы по р. Волхову, которые могут служить одним из последних образцов комплексных водных исследований. Под № 12—16 помещены материалы топографо-геодезические, в частности данные об опорных нивелировочных сетях, № 17—21 относятся к области собственно метеорологии и гидрологии, № 22—24 — к геологии и гидрогеологии и № 25 — к гидромодульным исследованиям.

Из периодической литературы, кроме некоторых уже приведенных в списке, можно указать на следующие журналы, вышедшие и выходящие после 1917 г.:

1. Водное хозяйство и мелиорация (вых. в 1922 г.).
2. Мелиорация и торф.
3. Вестник ирригации (1923—1930).
4. Социалистическое водопользование.
5. Гидротехническое строительство (вых. с 1930 г.).
6. Водный транспорт (вых. с 1923 г.).
7. Геодезист.

Литература к разделу первому

1. Близняк Е. В. Производство исследований рек, озер и водоразделов 3-е изд., М., 1933.
2. Водное хозяйство. Сборник статей под ред. Е. Л. Кенига. М., 1929.
3. Грищин М. М. Гидротехнические изыскания. 2-е изд., Новочеркасск, 1927.
4. Известия Государственного гидрологического института (в частности № 5, 20, 37, 42).
5. Комплексные водохозяйственные проблемы СССР, ч. I, II, III. Изд. Госплана СССР, М., 1932.
6. Поляков Н. В. Организация и эксплоатация мелиоративных систем Вып. I. Исследования и проектирование. М. 1931.

РАЗДЕЛ II

ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА I

МЕСТО И РОЛЬ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ И ИССЛЕДОВАНИЯХ

Топографо-геодезические работы при изысканиях и исследованиях преследуют цель получения планово-высотных материалов для разрешения разных народнохозяйственных проблем Союза ССР, как-то: ирригации, мелиорации, водноэнергетических, транспортных, всех видов промышленного строительства и ряда других.

Полученный в результате изысканий планово-высотный топографический материал ложится в основу проработки проблемы, для которой производились изыскания.

При производстве топографо-геодезических работ должны быть учтены стадии проектирования, особенности заданий и местные специфические условия производства работ.

В зависимости от стадии проектирования находится и точность топографо-геодезических работ, а с нею — масштабы съемок, методы и способы производства работ.

Все работы должны производиться на планово-высотной основе, увязанной в плановом отношении с общегосударственной сетью тригонометрических пунктов и в высотном — с реперами и марками высокоточных и точных нивелировок.

В зависимости от стадии проектирования производятся различные виды топографо-геодезических работ.

В результате проработки каждой отдельной стадии проектирования устанавливаются программа и методика изыскательских работ для последующего проектирования.

§ 1. Картографическая основа изысканий

Картографической основой всех изысканий являются имеющиеся планы государственных съемок, а иногда и ведомственных, и карты в разных масштабах.

1. Собирание картографических материалов

Прежде чем приступить к топографо-геодезическим работам для того или другого вида изысканий, необходимо выявить и собрать по возможности все имеющиеся топографические и картографические материалы, относящиеся к исследуемым реке, озеру, водоразделу, предполагаемому к орошению или осушению району и т. д., которые могут быть использованы при исследованиях и при последующей проектировке. Кроме того, должны быть собраны сведения об имеющихся в районах исследований астрономических и тригонометрических пунктах, о реперах и марках нивелирных сетей; материалы по последним должны быть собраны с особой тщательностью, чтобы репера и марки легко можно было отыскать на местности. Если тригонометрические и астрономические пункты, репера и марки должны лечь в основу топографо-геодезических работ, то должна быть выявлена степень точности определения их координат и высот. Время, потраченное на выявление и сбор топографо-геодезических материалов, всегда окупится, так как большая часть собранных материалов может быть использована.

Для выявления имеющихся топографо-геодезических и картографических материалов необходимо обращаться в Отдел геодезической изученности Главного Управления Государственной съемки и картографии (ОГИ ГУГСК НКВД) по адресу: Москва, проезд Владимирова, 6, и в его филиалы—в ОГСК НКВД.

№ по пор.	Название филиала	Местонахождение
1	Белорусское	Минск
2	Восточносибирское	Иркутск
3	Дальневосточное	Хабаровск
4	Западносибирское	Новосибирск
5	Закавказское	Тбилиси
6	Казахстанское	Алма-Ата
7	Московское	Москва
8	Приволжское	Саратов,
9	Северозападное	Ленинград
10	Среднеазиатское	Ташкент
11	Северное	Архангельск
12	Северокавказское	Пятигорск
13	Средневолжское	Куйбышев
14	Центральночерноземное	Воронеж
15	Украинское	Киев
16	Уральское	Свердловск
17	Азово-Черноморское	Ростов на Дону

2. Государственные съемки

а) **Общие сведения.** Государственные съемки до 1918 г. производились почти исключительно б. корпусом военных топографов в масштабах 1 : 21 000; 1 : 42 000 и 1 : 84 000 в европейской части СССР в районе на запад от меридиана 30°, на западном побережье Черного моря и в Закавказье, а в азиатской части СССР — в районах Средне-Азиатских республик, Алтая, б. Семипалатинской области, на Дальнем Востоке и др. Кроме того съемки производились б. министерством путей сообщения, б. министерством земледелия и государственных имуществ, б. переселенческим управлением и др., причем топографо-геодезические материалы последних учреждений в большинстве случаев не отражали рельефа местности, почему ценность их для современных изысканий незначительна.

С 1920 г., кроме Управления военных топографов (б. корпуса военных топографов), государственные съемки производит и Главное геодезическое управление через подведомственные ему местные аэрофотогеодезические тресты. В связи с этим районы съемок значительно расширились и во многих случаях можно пользоваться для целей изысканий современными государственными съемками.

Основным масштабом современных государственных съемок является масштаб 1 : 50 000; районы густо населенные и культурные снимаются иногда в масштабе 1:25 000, а не обжитые и мало населенные районы в масштабе 1 : 100 000.

На основе съемок составляются и издаются топографические карты Союза ССР в разных масштабах. Топографические съемки ведутся целыми планшетами, имеющими форму трапеций, ограниченных линиями меридианов и параллелей. Размеры рамок трапеций приняты следующие:

для масштаба	1 :	50 000	. . . .	15′	дуги по долготе	и	10′	по широте	
»	»	1 :	25 000	. . . .	7,5′	»	»	»	5′	»	»
»	»	1 :	100 000	. . . .	30′	»	»	»	20′	»	»

б) **Номенклатура карт.** Географическое положение рамок топографических планшетов и карт определяется номенклатурой. Основанием для номенклатуры карт принята международная карта в масштабе 1 : 1 000 000, а для планшетов — карта в масштабе 1 : 100 000. Карты масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 100 000 по величинам рамок связаны между собой кратным числом планшетов.

Размеры рамок листа карты в масштабе 1 : 1 000 000 приняты в 6° по долготе и 4° по широте (рис. 1). Координатами для этой карты служат экватор и меридианы 0° и 180°, причем за нулевой меридиан принят Гринвичский.

Меридианы делятся через каждые 4° и параллели — через 6°. Ряды миллионной карты обозначаются заглавными буквами латинского алфавита, начиная от экватора по направлению к Северному и Южному полюсам. Нумерация колонок начинается от меридиана 180° и идет против часовой стрелки и обозначается арабскими цифрами. Таким образом номенклатура миллионной карты будет состоять из заглавной латинской буквы, обозначающей ряд, и арабской цифры, обозначающей колонку; так, например, N—37 обозначает лист карты, на котором помещается г. Москва (рис. 2).

Номенклатура плана или карты помещается на полях немного выше наружной северной рамки и по средине, но отнюдь не по углам рамок, а тем более не на самой карте или внутри рамок.

Для карты масштаба 1 : 100 000 размеры рамок приняты 30′ по параллели и 20′ по меридиану; таким образом в листе миллионной карты уложатся

144 листа карты масштаба 1 : 100 000, каковые обозначаются арабскими цифрами от 1 до 144 (рис. 3).

При принятых размерах трапеций для планов масштаба 1 : 50 000—15′ по долготе и 10′ по широте, в одном листе карты масштаба 1 : 100 000 уложатся четыре листа планов масштаба — 1 : 50 000, которые обозначаются буквами *А*, *Б*, *В* и *Г*, — так, например: N—37—52—Б. (рис. 4). Номенклатуры заштрихованных на чертеже 3 листов карты м. 1 : 100 000 будут следующие: N—37—52 и N—37—83.

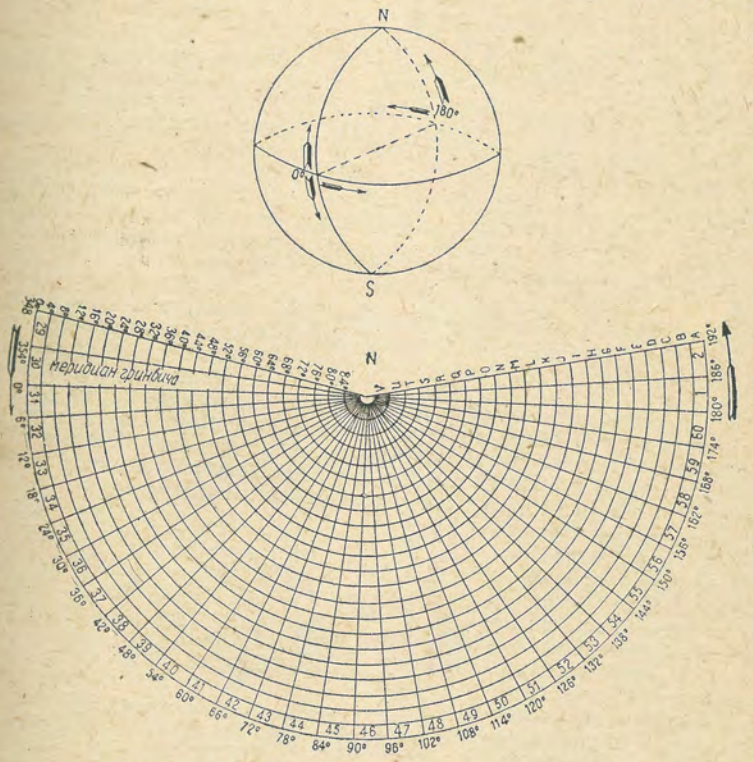


Рис. 1.

Размеры трапеции в масштабе 1 : 25 000 установлены в 7′30″ по долготе и 5′ по широте, т. е. в одном листе плана масштаба 1: 50 000 содержится 4 листа масштаба 1 : 25 000, которые обозначаются буквами а, б, в и г, так, например: N — 37—52—Б—в.

Размеры трапеции для масштаба 1 : 10 000 установлены в 3′45″ по долготе и 2′30″ по широте, т. е. в одной трапеции м. 1 : 25 000 заключаются 4 трапеции м. 1 : 10 000, которые обозначаются арабскими цифрами 1, 2, 3 и 4. Номенклатура заштрихованной на схеме трапеции м. 1 : 10 000 будет: N—37—52—Б—в—4 (рис. 5).

Размеры рамок трапеций и их площади вычисляются по элементам сфероида Бесселя (даны в таблицах в приложении 2 к инструкции Государственного Междуведомственного Геодезического Совета для инструментальных топографических съемок в масштабах 1 : 25 000 и 1 : 10 000).

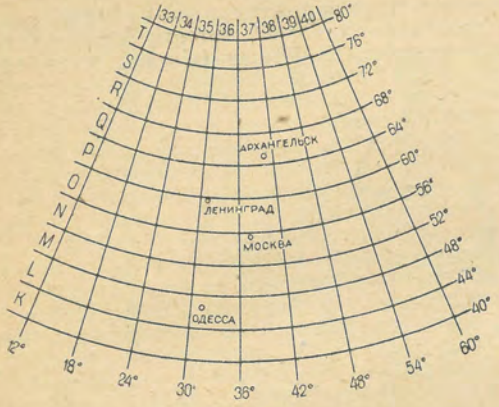


Рис. 2.

Нанесение километровых сеток на топографические карты производится по таблицам прямоугольных координат Гаусса — Крюгера, составленным В. В. Каврайским.

в) **Геодезическая основа точность карт государственных съемок.** Геодезической основой для съемок в масштабах 1 : 50 000 и 1 : 25 000 служат астрономические, тригонометрические и полигонометрические пункты. На каждый съемочный планшет должно быть дано от 4 до 6 геодезических пунктов, равномерно расположенных на планшете.

Для высотного обоснования топографической съемки служат надежно определенные высоты тригонометрических пунктов путем передачи от ближайшей нивелирной марки высоты к ближайшему из тригонометрических пунктов, а с него на остальные геодезическим нивелированием. При расстоянии от нивелирных марок, не превышающем для масштаба 1 : 50 000—25 км и для масштаба 1 : 25 000—10 км, техническая нивелировка может быть заменена тахеометрическим ходом. Съемка подробностей обосновывается в открытых местах на геометрической сети, развитой от геодезической основы, а в закрытых — на тахеометрических и мензульных ходах, проложенных между тригонометрическими или полигонометрическими пунктами или замкнутыми полигонами. Длины тахеометрических ходов не должны быть больше 20 км при съемке в масштабе 1:50 000 и 10 км—при съемке в масштабе 1 : 25 000.

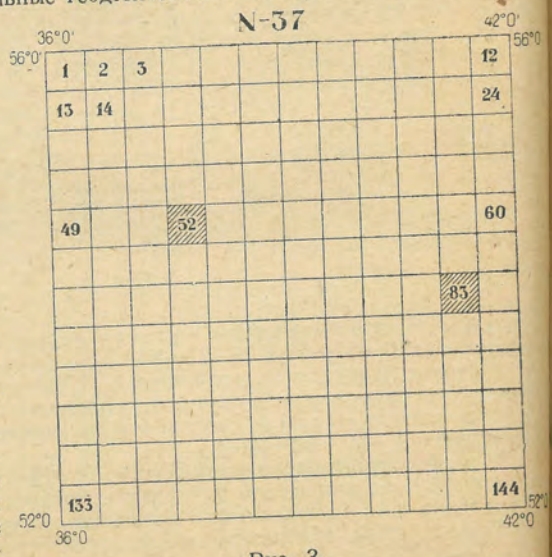


Рис. 3.

Пределы невязок устанавливаются:

а) в углах $1',5\sqrt{n}$, где n — число углов хода;

б) в плане 1:400 при длине хода 2—3 км
» 1:500 » » » 3—6 км
» 1:600 » » » свыше 6 км

в) невязки по высоте в тахеометрических ходах не должны превышать определенных по формуле $k\sqrt{LS}$, где L — длина хода в км; $S=\frac{L}{n}$ — средняя длина стороны хода в км; n — число сторон хода:

$k=0{,}42$ при $\alpha<5°$ и $S<250$ м
$k=0{,}54$ при » » » и S от 300 до 350 м
$k=0{,}60$ при $\alpha>5°$ и при $S<250$ м
$k=0{,}74$ при » » » и при $S>300$ м

г) **расхождение между двумя взаимными определениями разности высот** двух смежных вех допускается не больше 0,04 м на каждые 100 м горизонтального расстояния при расстоянии до 2 км, а при расстоянии от 2 до 6 км—0,03 м на каждые 100 м;

д) **пределы допускаемых невязок мензульных ходов устанавливаются:**

в плане 1:200 при длине хода до 3 км
и 1:300 » » » до 8 »

по высоте те же, что и при тахеометрических ходах.

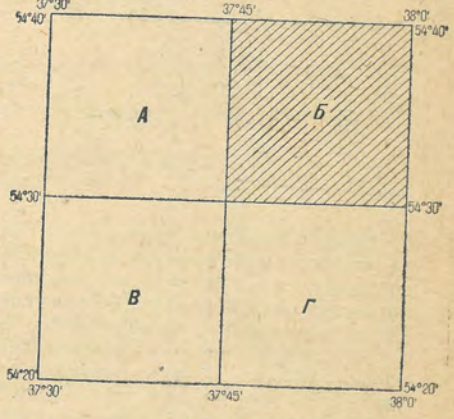


Рис. 4.

Расстояния между горизонталями по высоте принимаются: 10 м для съемок масштаба 1 : 50 000 и 5 м — для масштаба 1 : 25 000. В зависимости от рельефа и от программы исследования расстояния иногда уменьшаются до 5 м для масштаба 1 : 50 000 и до 2 м для масштаба 1 : 25 000 при обязательном проведении горизонталей кратных 5 м.

Предельная погрешность в нанесении на планшет съемки в масштабе 1 : 50 000 контуров с ясно выраженными и строго определенными границами допускается не более 25 м на местности, что соответствует 0,5 мм на плане и с неясно выраженными границами — не более 50 м на местности, что соответствует 1 мм на плане; для съемки контуров в масштабе 1 : 25 000 предельная погрешность уменьшается в два раза.

Планшеты государственных съемок вычерчиваются по утвержденным условным знакам в три цвета: границы вод — зеленым, горизонтали — жженой сиеной и остальное — черной тушью.

3. Картографический материал

Карты имеются в разных масштабах почти на всю европейскую часть СССР и на большую часть азиатской части СССР, поэтому они и служат основным материалом при изысканиях, дающим лишь общее представление о районах изысканий.

а) Карты европейской части СССР имеются в следующих масштабах:

1) в масштабе 3 версты в дюйме (1 : 126 000) для большей части европейской части СССР; она издана в одну черную краску; рельеф выражен штрихами. Так как карта составлялась по съемкам с нанесением рельефа преимущественно глазомерно, то крутизна скатов и самый рельеф не вполне отвечают действительности;

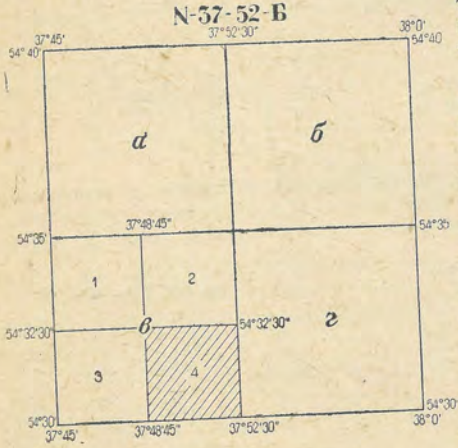


Рис. 5.

2) в масштабе 10 верст в дюйме (1 : 420 000), причем район ее ограничивается: на севере — параллелью Архангельска, на западе — нашей западной границей, на юге — Черным морем и включительно Кавказом, и на востоке — Оренбургской областью и Волгой до г. Горького и далее по Северной Двине до Архангельска. В настоящее время ГГУ заканчивает составление недостающих листов карты на север и восток от Волги включительно до Урала.

Карта составлена в проекции Гаусса. На ней изображены: орография и гидрография страны, пески, леса, б. границы государственные, губернские и уездные; железные, почтовые и главнейшие из проселочных дорог, болота, колодцы при дорогах в степных местах и все жилые пункты. Карта составлена по съемкам, а на северный район — по планам генерального межевания, полученным от б. межевого ведомства, и по рекогносцировкам. Карта печатается в четыре цвета;

3) военнодорожная карта в масштабе 25 верст в дюйме. Составлена в проекции Гаусса. Карта печатается в четыре цвета. Особое внимание на этой карте обращено на населенные пункты и на пути сообщения между ними;

4) в масштабах: 40, 60 и 80 верст в дюйме.

б) Карты Кавказа имеются в масштабах 2, 5, 10, 20 и 40 верст в дюйме.

в) Карты Туркестана и Средней Азии имеются в следующих масштабах:

1) 2-верстная карта Туркестанского края,
2) 5-верстная карта б. Закаспийской области,
3) 10-верстная карта,
4) 20-верстная карта б. Закаспийской области,
5) карта в масштабе 40 верст в дюйме.

г) Карты б. Западной Сибири имеются в масштабах:

1) 2 и 3 верстные б. Семипалатинской области и Томской губернии,
2) 10 и 40 верст в дюйме.

д) Карты Дальнего Востока имеются в масштабах 2, 10, 20 и 40 верст в дюйме.

е) Карты всей б. Азиатской России имеются в масштабах 10 и 40 верст в дюйме.

Все вышеперечисленные карты составлялись и издавались б. корпусом военных топографов и удовлетворяли главным образом потребности в них военного ведомства.

ж) В настоящее время картографическим трестом ГУГСК НКВД составляется карта европейской части СССР в масштабе 1 : 1 000 000, и уже приступлено к изданию отдельных листов ее.

4. Виды съемок, применяемых при изысканиях

Все полевые топографо-геодезические работы, выполняемые при изысканиях, по производству их в натуре разделяются на следующие виды:

1) рекогносцировочные работы,
2) проложение опорных сетей,
3) нивелировки: а) реперов, б) горизонтов воды,
4) планово-высотные съемки в разных масштабах и
5) промеры глубин.

а) По видам съемки разделяются на:

1) мензульные,
2) тахеометрические,
3) съемки отдельных участков с помощью разбивки на местности сети квадратов,
4) съемки с помощью магистралей и поперечников,
5) стереофотосъемки,
6) аэрофотосъемки.

Наиболее употребительной при изысканиях является мензульная съемка, производимая на основе триангуляции, геометрической сети, теодолитных, тахеометрических и мензульных ходов и нивелировки в масштабах от 1 : 50 000 до 1 : 1 000.

Тахеометрические съемки обычно производятся в масштабах 1 : 10 000 и 1 : 5 000 при спокойном рельефе и при наличии небольшого количества контуров.

Съемки отдельных участков в открытых местах со слабо выраженным рельефом для цели орошения или осушения часто производятся с помощью разбивки на местности сети квадратов.

Съемки с помощью проложения магистрали и поперечников обычно производятся при трассировке дорог и каналов. Кроме того этот же вид съемки применяется в закрытых и полузакрытых местах с крупным пологим рельефом или в местах открытых, с трудно уловимым рельефом, для целей осушения болот, орошения, освещения мест под водохранилища и др.

Стереофотосъемка обычно производится в открытых гористых и труднодоступных местах.

Аэрофотосъемка производится в случае необходимости заснятия большого района.

б) Виды съемок и масштабы их в зависимости от цели изысканий и от стадии проектирования.

Для целей ирригации, мелиорации и транспортных планово-высотные съемки производятся преимущественно в крупных масштабах 1 : 10 000, 1 : 5 000 и 1 : 2 000, в зависимости от стадии проектирования. В соответствии с масштабом съемки и с заданием принимается и соответствующее се-

чение рельефа. При речных изысканиях для транспортных целей рельеф дна реки изображается изобатами.

При водноэнергетических изысканиях в зависимости от ширины поймы реки, района (в смысле его населенности) и от стадии проектирования съемки исследуемого района производятся в масштабах 1 : 50 000; 1 : 25 000 и 1 : 10 000, а мест под сооружения и районов наиболее ценных промышленных предприятий — затопляемых или подтопляемых — в масштабах 1 : 10 000, 1 : 5 000, 1 : 2 000 и 1 : 1 000.

5. Общие положения для всех видов топографо-геодезических работ

а) **Документация работ.** Для придания четкости, документальности и определенности всем полевым и камеральным материалам топографо-геодезических работ полевые записи и камеральные работы необходимо вести по строго определенным формам. Никакие заметки частного и даже служебного характера, по существу не относящиеся к данной работе, в полевых и камеральных документах не допускаются.

Журналы наблюдений, нивелирные, абрисные, пикетажные книжки и прочие полевые документы должны иметь исчерпывающие данные: наименование партии или отряда, производивших работу, место работ, время начала и конца работ, фамилию лица, исполнявшего работу, инструмент, его тип и фабричный номер с указанием постоянных, характеризующих его точность.

Журналы и книжки должны иметь общую нумерацию по каждой работе; страницы журналов и книжек должны быть пронумерованы и заверены на последней странице начальником отряда. В журналах должны быть указаны фамилии лиц, проверявших эту работу и производивших вычисления.

В оглавлении каждого полевого документа должны быть перечислены все содержащиеся в нем работы в хронологическом порядке.

Привязки к опорным пунктам должны быть освещены наглядными схемами с наименованием опорных пунктов, их координат и высот со ссылками на источники, откуда они получены.

При производстве полевых работ необходимо ежедневно указывать время начала и конца их, состояние погоды и прочие условия, влияющие на успешность и точность выполняемой работы.

Все полевые записи должны вестись аккуратно, достаточно твердым нехимическим карандашом, без помарок и подчисток. Неправильно произведенные записи зачеркиваются и взамен их сверху надписываются новые; в случае надобности в примечаниях делаются соответствующие пояснения и оговорки.

Все результаты полевых измерений записываются в журналы обязательно в поле. Переписка журналов без ссылки на подлинник не допускается и производится только с разрешения начальника отряда.

Все последующие дополнения, исправления, распределения невязок и всякие изменения записей в полевых журналах делаются чернилами или цветным карандашом с указанием даты и за подписью лица, делавшего эти исправления и дополнения.

Все журналы, ведомости, описания, каталоги и другие камеральные документы, а также и вычислительные работы должны быть составлены в полном соответствии с полевыми документами и по возможности иметь на них ссылки.

б) **Геодезические знаки и их охрана.** Согласно постановлению СНК СССР от 14 мая 1932 г. за № 717 ввиду особо важного значения сети геодезических пунктов на местные советы возложено наблюдение за сохранностью геодезических знаков, устанавливаемых на этих пунктах в пределах территории действия советов (ст. 4 постановления СНК СССР).

Все геодезические знаки, установленные, возведенные и заложенные военными и гражданскими ведомствами и учреждениями и подлежащие охране согласно постановлению СНК СССР от 14 мая 1932 г. за № 717, сдаются на хранение:

а) в городах и поселках — городским и поселковым советам;

б) в сельских местностях — сельсоветам;

в) на землях, предоставленных для специальных надобностей (под сухопутные и водные пути сообщения, под пути связи и т. п.), — местным органам ведомств, в пользование которых эти земли предоставлены (НКПС, Цудортранс, Наркомвод и др.);

г) на землях лесов государственного фонда — соответствующим местным органам ведомств, в ведении которых эти леса находятся.

Руководители полевых топографо-геодезических партий (отрядов), а в соответствующих случаях и отдельные исполнители обязаны уведомлять местный исполком, на территории которого будет производиться работа, о прибытии партии, ее составе, цели, существе, объеме и районе предстоящих работ, сроках их исполнения и о выбранном местопребывании руководителя партии (отряда) или исполнителя.

По окончании работ в данном районе руководители или исполнители работ немедленно сообщают соответственно в городские или районные советы по установленной форме данные об установленных ими геодезических знаках и центрах для занесения этих данных в инвентарную книгу учета геодезических знаков и сдают все возведенные, установленные, заложенные и включенные в государственную триангуляцию и нивелирную сети геодезические знаки на хранение местным, городским, поселковым и сельским советам или подлежащим учреждениям.

Установленные геодезические знаки сдаются на хранение по актам утвержденной формы и размера. Акты составляются в трех экземплярах и скрепляются подписями сельских исполнителей, сдатчиков, приемщиков и двух понятых с приложением печатей.

Один экземпляр, зарегистрированный в местном совете, остается в учреждении, принявшем на хранение геодезический знак, другой подшивается к соответствующему делу руководителя или исполнителя работ и третий направляется в соответствующий филиал ОГСК НКВД.

При сдаче геодезических знаков на хранение в городах и поселках третий экземпляр акта направляется в наркомхозы АССР, краевые и областные управления коммунального хозяйства, а последними направляется в соответствующие филиалы ОГСК НКВД.

Прием и сдача производятся на месте нахождения геодезического знака в присутствии двух понятых от местного населения.

Городские, поселковые и сельские советы и соответствующие учреждения не вправе отказываться от принятия на хранение геодезических знаков, сдаваемых им соответствующими геодезическими, съемочными и изыскательскими организациями.

Ежегодно путем непосредственного осмотра геодезических знаков на месте районные советы через землеустроителей, а на городских землях или землях специального назначения наркомхозы союзных и автономных республик, НКПС, Цудортранс, НКВод и другие по принадлежности через специально выделяемых ими ответственных лиц обязаны убедиться в сохранности геодезических знаков, установленных на землях их ведения, и не позднее 1 ноября того же года сообщить результаты осмотра в соответствующие филиалы

ОГСК для принятия последними мер к восстановлению поврежденных геодезических знаков.

Осмотр геодезических знаков, возведенных, установленных и заложенных в лесах государственного фонда, осуществляется соответствующими органами ведомств, в ведении которых эти леса находятся. Результаты осмотра также сообщаются в соответствующие ОГСК НКВД ежегодно не позднее 1 ноября года осмотра.

В районах необжитых и трудно доступных осмотр геодезических знаков возлагается на работающие в этих районах экспедиции всех ведомств независимо от того, какие цели они преследуют. О результатах осмотра и о мерах, принятых в случае надобности к восстановлению знаков, эти экспедиции сообщают в ОГСК НКВД не позднее 1 ноября года осмотра.

В случае обнаружения нарушения целости геодезических знаков учреждения, принявшие их на хранение, а также лица, производящие ежегодный осмотр или использование этих знаков, или представители заинтересованных ведомств и учреждений немедленно извещают об этом местную милицию, которая и составляет на месте происшествия соответствующий акт и привлекает виновных к уголовной ответственности по уголовным кодексам союзных республик. Возбуждение исков о возмещении убытков государству за умышленное повреждение, уничтожение и похищение геодезических знаков вменяется в обязанность учреждениям и лицам, принявшим по актам геодезические знаки на хранение.

Суммы, взысканные с нарушителей, зачисляются в доход государственного бюджета.

Акты составляются в трех экземплярах, из которых один направляется в районное отделение милиции на предмет производства следствия и привлечения виновных к уголовной ответственности, второй направляется в соответствующее учреждение, установившее знак, а третий через районного землеустроителя, а в городах через геодезическую службу комхоза — в соответствующий филиал ОГИ ГУГСК НКВД.

§ 2. Высотная основа изысканий

Высотной основой изысканий являются нивелировки, которые в зависимости от их точности можно разделить на основные (опорные) нивелировки, технические и барометрические.

1. Основные (опорные) нивелировки

Основные нивелировки разделяются на высокоточные и точные нивелировки.

Высокоточные нивелировки преследуют цель обеспечить всю территорию СССР системой основных (опорных) высот путем прокладки сети полигонов преимущественно по линиям железных дорог и связи этих полигонов с футштоками морей. Периметры этих полигонов в среднем должны иметь 800—1 000 км.

Внутри полигонов высокоточного нивелирования прокладываются хода точного и технического нивелирования для обеспечения надежной передачи высот на пункты триангуляций, для правильной постановки государственной топографической съемки и для обеспечения исходными и опорными высотами изысканий и исследований, производимых разными ведомствами.

На железнодорожных линиях, вдоль которых располагаются ряды триангуляций 1 класса, обязательно производится высокоточное или точное нивелирование.

Проект и схема расположения ходов нивелирования высокой точности разрабатываются ГУГСК НКВД при участии Управления военных топографов и других заинтересованных ведомств и учреждений и окончательно согласовываются и одобряются Госпланом СССР.

а) **Нивелирование высокой точности** исполняется или по русско-швейцарскому способу или по немецкому.

Для производства нивелирования по русско-швейцарскому способу применяется нивелир с уровнем с ценой деления 3—5″, соединенным неизменно с трубой; труба должна быть с отверстием объектива около 40 мм, с фокусным расстоянием около 40 см, с увеличением не менее 40 и с дальномерной сеткой нитей с коэфициентом 150—200; штатив нивелира должен быть солидным, прочным и жесткой конструкции, обеспечивающей полную устойчивость его. Рейки применяются трехметровые двусторонние, причем на черной стороне нанесены сантиметры с подразделением на полусантиметры, а на красной стороне 11/10 сантиметра, разделенные пополам. Случайная ошибка в положении штриха рейки не должна превышать 0,25 мм. Нижний конец рейки имеет металлическую оковку. В боковые грани реек ввинчиваются ручки, а ниже ручек прикрепляется круглый уровень для установки рейки в вертикальном положении.

На каждой стороне рейки должны быть врезаны через один метр три металлические марки с нарезанными на них крестами для компарирования реек.

Для работ по немецкому способу применяется нивелир вышеописанной конструкции, но непременно с элевационным винтом и с подписью делений уровня от нуля в одну сторону; кроме того, сетка нитей имеет четыре горизонтальных нити, из них две крайних — дальномерные с коэфициентом 150—200, а две средних — симметричные с углом в 16—20″.

Рейки трехметровые штриховые, односторонние, с подписью делений справа и слева от оси рейки. Основные левые подписи на обеих рейках идут от 0 до 60, причем нуль совпадает с пяткой рейки. Добавочные правые подписи возрастают от пятки рейки, причем на рейке четной от 59 до 119, а на нечетной от 60 до 120. Штрихи на рейках нанесены через 5 мм; толщина штриха 1 мм; подписями обозначаются полудециметры.

Низ рейки, ручки, круглый уровень и марки имеют устройство, одинаковое с рейками для русско-швейцарского способа.

Башмаки к рейкам изготовляются из стали или из кованого железа весом 5 кг. Вместо башмаков могут употребляться железные костыли длиной около 0,3 м, нивелировка по которым предпочтительнее нивелировки по башмакам, за исключением мягкого грунта.

Марки закладываются постоянные и временные. Постоянные марки закладывают в прочных каменных железнодорожных сооружениях, отдавая предпочтение водонапорным башням. На больших станциях закладываются две марки, обязательно в разных зданиях, а на узловых — три.

В случае отсутствия подходящих сооружений для закладки основных марок последние заменяются железобетонными реперами. В мостах через большие реки закладка марок обязательна.

Для усиления полевого контроля на участке закладываются временные марки, имеющие форму небольших конусов с отверстием для ввинчивания штифта для подвешивания при привязках подвесной реечки. Временные марки закладываются предпочтительно в кирпичные здания, а за отсутствием — в телеграфные столбы.

Исследования нивелира и реек перед началом полевой работы и во время полевых работ, правила и порядок наблюдений, порядок записей в журнале и вычисления подробно изложены в инструкции по нивелированию высокой

точности и точному, составленной нивелирной секцией ГИГиК при участии и под редакцией проф. Ф. И. Красовского, утвержденной постановлением президиума Госплана СССР от 12 апреля 1932 г., № 24, почему в данном справочнике и не излагаются.

б) **Точность нивелировок.** Разногласие в превышениях высокоточного нивелирования из прямого и обратного ходов не должно превышать ± 4 мм $\sqrt{r}$, где r расстояние между марками в километрах.

Ошибки нивелировок высокой точности не должны превышать: средняя случайная на 1 км $\pm 1{,}5$ мм, средняя систематическая на 1 км $\pm 0{,}3$ мм.

Для точного нивелирования допускаемые расхождения: между прямым и обратным ходами $\pm 6\sqrt{L}$ мм, где L — длина хода в километрах, средней случайной ошибки до $\pm 2{,}0$ мм и средней систематической до $\pm 0{,}3$—$0{,}4$ мм на 1 км.

Исследования нивелира и реек, применяемых при точных нивелировках, производство работ и обработка материалов изложены в вышеуказанной инструкции, утвержденной постановлением президиума Госплана СССР от 12 апреля 1932 г. за № 24.

2. Виды нивелирных работ при изысканиях

В зависимости от цели изысканий и от требуемой точности при гидротехнических изысканиях производятся разные виды нивелирных работ, а именно:

1) продольное нивелирование,
2) поперечное нивелирование,
3) нивелирование поверхностей,
4) нивелирование реки.

а) **Продольная нивелировка.** Наиболее распространенным видом нивелирных работ является продольное нивелирование, которое ведется по заранее намеченному наивыгоднейшему направлению на имеющемся плане наиболее крупного масштаба при съемках рек — вдоль реки, при изысканиях каналов — по трассе последних. На план местности наносятся исходные репера и марки, а также и все репера и марки, которые должны быть занивелированы.

Кроме того, на план наносятся пункты тригонометрической и полигонометрической сетей, которые являются основой для магистрального хода и по ходу работ должны быть занивелированы.

При речных изысканиях при этом виде работ, кроме вышеперечисленных пунктов, должны быть занивелированы все водомерные посты, гидрометрические станции, мосты, головки рельсов пересекающих реки железных дорог и т. д.

Продольное нивелирование в большинстве случаев ведется по оси будущей дороги или по оси проектируемого оросительного или водосборного канала или вдоль реки.

б) **Поперечная нивелировка.** Нивелирование, производимое под углом к главному продольному нивелированию, называется поперечным. Поперечной нивелировкой определяется характер поверхности узкой полосы земли, предназначенной для дороги или канала, а при речных изысканиях освещается пойма исследуемой реки; для детального же освещения поймы реки необходимо производить инструментальные мензульные съемки в заданном масштабе в зависимости от цели изысканий и стадии проектирования.

На основании продольной и поперечных нивелировок делается подсчет земляных работ, подлежащих выполнению при проложении дороги или канала, а при речных изысканиях выявляется затопляемость поймы и делается подсчет объема будущего водохранилища при принятой подпорной отметке гребня плотины.

При переустройстве ирригационных сетей продольной и поперечной нивелировками освещается современное состояние сети, и на основании полученных материалов составляется проект переустройства сети с подсчетом земляных работ.

Расстояния между поперечными профилями зависят от сложности рельефа и от точности, с которой необходимо знать объем земляных работ.

в) **Нивелирование поверхности земли.** Для определения характера поверхности участка местности иногда производится съемка рельефа путем нивелирования.

Если уклон участка незначительный и равномерный, как это бывает в лугах и болотах, то его заключают в многоугольник, стороны которого проходят по границам данного участка. Проложив по сторонам магистральный ход и пронивелировав его, получим достаточно высотных данных, чтобы судить о рельефе данного участка.

Если этих данных окажется недостаточно, то можно внутри многоугольника проложить дополнительные хода или определить полярным способом ряд дополнительных точек, которые в достаточной степени осветили бы рельеф данного участка.

На незначительных участках рельеф снимается полярным способом с отдельных точек, увязанных между собой.

Для целей ирригации, осушения или планирования местности на ней разбивают сеть квадратов со сторонами в 100 м (может быть больше и меньше в зависимости от задания), которая нивелируется.

г) **Нивелирование реки** производится: а) с целью получения уклона горизонта воды реки и б) с целью получения живых сечений реки.

Для определения уклонов реки прокладывают по берегу нивелирный ход по возможности параллельно течению реки, причем через определенные расстояния и в характерных местах (в местах перехода от плеса к порогу и обратно) излома профиля реки нивелируются горизонты воды и записывается время нивелировки. По окончании нивелировки производится срезка горизонта воды с отнесением таковой к определенному дню и часу. Полученные данные позволяют определить частные уклоны реки на отдельных участках ее и общий уклон реки на определенном протяжении.

Живые сечения реки получаются путем промеров глубин разными способами в зависимости от требуемой точности, ширины реки и быстроты ее течения.

3. Каталоги высот и системы отметок

а) **Каталоги высот.** По окончании камеральной обработки полевых материалов нивелировок разных разрядов составляется каталог предварительных высот реперов и марок по следующей форме: в 1-й графе помещается порядковый номер; во 2-й—год нивелировки, в 3-й—номера марок и реперов; в 4-й — описание местоположения марок, реперов и головок рельсов, в 5-й — расстояние от исходной марки в километрах, в 6-й — отметки над уровнем моря в метрах и в 7-й — примечания.

Район нивелировки и разряд ее указываются на заглавном листе каталога. К каталогу высот нивелирных знаков прикладываются: схема расположения хода, описание исполненных работ, подписанное производителем работ и контролирующим лицом, и альбом зарисовок или фотоснимков мест заложенных реперов и марок с указанием их привязок к местным предметам.

По окончании камеральной обработки все полевые журналы и ведомости вычислений высот, каталоги высот нивелирных знаков, альбом зарисовок или

фотоснимков мест заложения знаков, схема расположения хода и описание исполненных работ сдаются в соответствующие хранилища учреждений, производивших изыскания.

Все учреждения, производящие техническую нивелировку III разряда (повышенной точности) и IV разряда, представляют не позднее 1 апреля следующего за производством работ года в ОГИ ГУГСК НКВД вторые экземпляры ведомостей вычислений высот.

По представленным ОГИ ГУГСК НКВД материалам последнее составляет сводный каталог предварительных высот нивелирных знаков и опубликовывает его не позднее 4-го квартала того же года.

б) **Система отметок.** Согласно постановлению Совета народных комиссаров Союза ССР от 14 ноября 1932 г. и циркуляру Госплана СССР от 1 декабря 1932 г. все ведомственные нивелировки должны привязываться к государственной нивелирной сети.

Государственная нивелирная сеть вычисляется в абсолютных высотах от нуля Кронштадтского футштока, представляющего средний уровень воды в Финском заливе, выведенный из многолетних наблюдений. Нуль Кронштадтского футштока вырезан на медной доске, вделанной в гранитный устой моста перед зданием б. Морского инженерного училища.

Кроме Кронштадта — в СССР имеются установленные футштоки на морях Черном и Азовском: в Одессе, Очакове, Севастополе, Геническе, Мариуполе и Таганроге.

Таким образом, нивелировки, производимые при исследованиях и изысканиях и привязанные к государственной нивелирной сети, вычисляются в абсолютных высотах, причем надо обращать внимание, является ли данная государственная сеть окончательно уравненной или нет. В последнем случае после окончательного уравнивания государственной сети должна быть введена соответствующая поправка и в нивелировку, к ней привязанную.

В случае отсутствия вблизи района исследований и изысканий государственной высокоточной или точной нивелировки высота исходного репера для ведомственной нивелировки определяется барометрически или берется условно; в этом случае вся нивелировка вычисляется в условных высотах (отметках), о чем делаются на материалах изысканий указания об исходном репере и о принятой его условной высоте. По привязке нивелировки к реперу с абсолютной высотой нивелировка перевычисляется в абсолютных высотах, а на планшетах съемок и на продольном профиле делаются указания на поправки, которые надо вводить для перехода от условных к абсолютным высотам.

§ 3. Специальные работы при изысканиях

К специальным топографо-геодезическим работам, производимым при изысканиях, относятся: 1) трассировка, 2) ограничение земельных площадей, 3) разбивка сооружений на суше и на воде и 4) рекогносцировка.

1) В зависимости от цели изысканий **трассировки** бывают следующих видов:

а) трассировки каналов ирригационных и судоходных;
б) трассировки путей сообщения: железных и шоссейных дорог;
в) трассировки линий электропередач и трубопроводов;
г) трассировки оградительных валов и дамб;
д) разбивка тоннелей и штолен.

В основу всех вышеперечисленных трассировок должны быть положены топографические планы в разных масштабах, на основании которых и составляются предварительные проекты соответствующих сооружений.

2. **Ограничения земельных площадей** производятся с целью: а) установления границ водосборной площади и б) установления границ затоплений и подтоплений. В обоих случаях предварительно производится инструментальная съемка в масштабе в зависимости от цели работ и заданной точности. В первом случае границей съемки служит водораздел, а во втором — заданная горизонталь, высота которой обычно дается на 5—10 м выше отметки затопления в зависимости от крутизны и состояния берегов в смысле их устойчивости (отсутствие или наличие оползневых явлений).

3. **Разбивке сооружений** на суше или на воде предшествует съемка в крупном масштабе (1 : 500 или 1 : 1 000) на основе точной триангуляции и высокоточной нивелировки с надежно заложенными реперами; на полученном плане наносятся проектируемые сооружения, планировка которых затем переносится в натуру.

4. **К рекогносцировкам относятся:**

а) маршрутные съемки, освещающие узкую полосу в заданном направлении для поставленной цели или русло реки с прилегающей узкой береговой полосой и отдельные характерные места русла реки для выявления возможности энергетического или транспортного использования малоисследованных рек. Маршрутные съемки обычно базируются на тахеометрическом ходе, обоснованием для которого служат тригонометрические пункты или астропункты III класса; кроме того через 40—50 км определяются истинные азимуты направлений хода;

б) барометрические нивелировки, которые применяются в тех случаях, когда не требуется большой точности в определении высот, но необходимо быстро исследовать значительные пространства земной поверхности. Барометрические нивелировки применяются: 1) при предварительных изысканиях железнодорожных, шоссейных и водных путей сообщения, при составлении геологических разрезов и т. д. и 2) для целей картографии, когда требуется скоро и с достаточной точностью определить высоты отдельных точек малоисследованного района: отдельных вершин, плоскогорий, хребтов, границ вечного снега, ущелий, границ растительности на горах, горизонтов воды горных озер и др. Барометрическое нивелирование обычно производится двумя барометрами-анероидами замкнутыми полигонами или в заданном направлении.

Литература к главе I

1. Инструкция по водноэнергетическим изысканиям. Часть 1-я. Трест «Гидроэлектропроект». Гос. изд. «Стандартизация и рационализация». М., 1934.
2. Инструкция для инструментальных топографических съемок в масштабе 1 : 25 000 и 1 : 50 000, утвержденная постановлением президиума Госплана СССР, 1935.
3. Инструкция об охране геодезических знаков. Госплан СССР. Гос. изд. «Стандартизация и рационализация», 1933.
4. Инструкция по нивелированию высокой точности и точному. Составлена нивелирной секцией ГИГиК при участии и под редакцией проф. Ф. И. Красовского. 1-я картограф. фабрика ВКТ, Ленинград, 1933.
5. Практика низшей геодезии. Часть 2-я, изд. 5-е, под редакцией проф. П. М. Орлова. М., изд. «Новая деревня», 1925.

ГЛАВА II

ОПОРНАЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СЕТЬ

Для обоснования всех видов съемок, производимых при изысканиях и исследованиях, служат триангуляции разных классов, точная полигонометрия, магистральные хода (траверсы) и нивелировки разных разрядов. Триангуляции, точная полигонометрия и магистральные хода (траверсы) служат главным образом для планового обоснования съемок, а нивелировки — для высотного обоснования.

§ 4. Триангуляция

Под триангуляцией подразумевают совокупность полевых работ и вычислений, имеющих целью точное определение относительного положения точек на земной поверхности. Такое определение точек необходимо как для градусных измерений, производящихся для определения вида и размеров земли, так и для обоснования точных топографических съемок.

В зависимости от назначения и точности определения пунктов триангуляции бывают шести классов.

1. Основные триангуляции

1) Триангуляция I класса является единой геодезической основой для всех последующих классов триангуляций. Она имеет целью обеспечить общую и точную связь всех геодезических и топографических работ в СССР и дать опорную сеть для развития триангуляции II класса, а также дать надежный материал для научно-геодезических выводов в области изучения вида и размера земного сфероида.

В соответствии с вышеуказанным заданием пункты триангуляции I класса определяются с возможно большей точностью и особенно надежно закрепляются на местности с целью сохранения их на продолжительное время.

Ряды триангуляций I класса состоят из рядов треугольников, расположенных по меридианам и по параллелям.

Расстояния между рядами одного направления — от 200 до 300 км.

Длина сторон треугольников от 25 до 35 км в зависимости от местных условий. По форме треугольники должны приближаться к равносторонним. Допускается от этого отступление, но при условии, чтобы связующие углы были не меньше 40°.

В местах соединения меридиональных рядов с рядами по параллелям должны быть измерены базисы длиной от 8 до 15 км прибором Иедерина — Гильома.

Измерения горизонтальных углов производятся универсалами с горизонтальным кругом не меньше 21 см, с подразделениями через 5′ или 4′; отсчеты по кругу делаются двумя микроскоп-микрометрами, снабженными двумя парами нитей; цена деления барабана микрометра равна 2″. Диаметр объектива главной трубы должен быть не менее 45 мм. Поверительная труба должна быть снабжена окулярным микрометром с ценой деления барабана микрометра от 1″ до 1,5″. Инструмент должен иметь электрическое освещение для ночных наблюдений. Наиболее распространенным инструментом для наблюдений на пунктах первоклассных рядов триангуляции является универсал Гильдебранда.

Расхождения величин одного и того же угла, выведенного из разных приемов измерения, не должны превышать 4″.

Высота на пункты триангуляции I класса передается одиночной технической нивелировкой, замкнутыми полигонами от ближайшей марки общегосударственной нивелирной сети.

2) Триангуляция II класса является развитием основной первоклассной триангуляции и имеет целью дать опорные точки для развития триангуляций III—V классов для обоснования разного вида и масштабов съемок. Она прокладывается в каждом полигоне I класса в виде трех основных рядов, причем два ряда имеют меридиональное направление, а третий — перпендикулярное к ним направление и в виде основных сетей, заключенных между рядами I класса и третьим основным рядом II класса.

Базисами в триангуляции II класса служат стороны сети I класса. В основном же ряде II класса, делящем полигон I класса на две части

приблизительно по средине его, измеряется базис, и производится точное астрономическое определение широты, долготы пункта и азимута направления базиса.

Длина сторон треугольников в основных рядах колеблется от 12 до 20 км.

Горизонтальные направления в основных рядах измеряются двухсекундными или пятисекундными универсалами с лимбом 21—18 см, с отверстием объектива 40—45 мм и увеличением 40—44. Наблюдения производятся 8—10 приемами при двухсекундном и 12 приемами при пятисекундном универсале.

Передача высот производится двухсторонним геодезическим нивелированием по сторонам сети длиной не более 10 км; в лесных же местностях высоты пунктов определяются одиночным техническим нивелированием по полигонам.

2. Типы триангуляций, применяемых при водохозяйственных иеследованиях и изысканиях

При водохозяйственных исследованиях и изысканиях геодезической основой для производства разного вида топографических работ являются триангуляции III, IV, V и VI классов и полигонометрические хода.

2. **Триангуляционные сети III класса.** Триангуляционные сети III класса разделяются: 1) на основные ряды III класса и 2) на заполняющие сети III класса.

1) Основные ряды триангуляций III класса прокладываются на территориях, не обеспеченных заполняющими сетями II класса, между пунктами рядов триангуляции I класса и основных рядов и сетей II класса. Они служат базой для построения заполняющих сетей III класса и сетей V и VI классов.

При отсутствии рядов триангуляций I и II классов основные ряды III класса прокладываются самостоятельно.

Привязка основных рядов III класса к сетям высшего порядка должна быть особо надежной, что достигается или примыканием к двум сторонам сети высшего порядка, или образованием центральной системы или геодезического четырехугольника.

2) Основные сети III класса прокладываются рядами, состоящими из треугольников, четырехугольников или из центральных систем.

При затруднительности построения сетей III класса в лесных местностях последние заменяются:

а) основные ряды III класса — траверсами,

б) заполняющие сети III класса — полигонометрическими ходами (см. ниже).

В степных и лесостепных районах основные ряды III класса могут быть заменены параллактической полигонометрией (см. ниже).

Для обоснования мелкомасштабных съемок и построения сетей V класса для крупномасштабных съемок одновременно с развитием триангуляции III класса определяются методом прямых и обратных засечек дополнительные пункты IV класса, которыми служат постоянные местные предметы (фабричные трубы, водонапорные башни, шпили высоких зданий) и специально поставленные знаки, как-то: вехи, простые пирамиды.

Вершины треугольников основных рядов III класса обозначаются на местности простыми и двойными пирамидами, простыми и сложными сигналами. Длины сторон в треугольниках в основных рядах должны быть от 8 до 15 км. По форме треугольники должны быть возможно ближе к равносторонним со связующими углами не менее 30°.

Самостоятельные сети строятся на специально измеренных базисах и на отнаблюденных азимутах по способу проф. Ф. Н. Красовского. При проложении их необходимо обратить особое внимание на возможность и лег-

кость привязки их к будущим рядам высшего класса. Исходными координатами являются астропункты или пункты ранее проложенных триангуляций.

3) Рекогносцировка триангуляционной сети основного ряда III класса. Перед началом полевых работ составляется проект триангуляции предварительно на десятиверстной карте, который затем детально разрабатывается на карте наиболее крупного масштаба, имеющейся для данного района. При разработке проекта триангуляции необходимо наметить и схему будущего уравнивания ее.

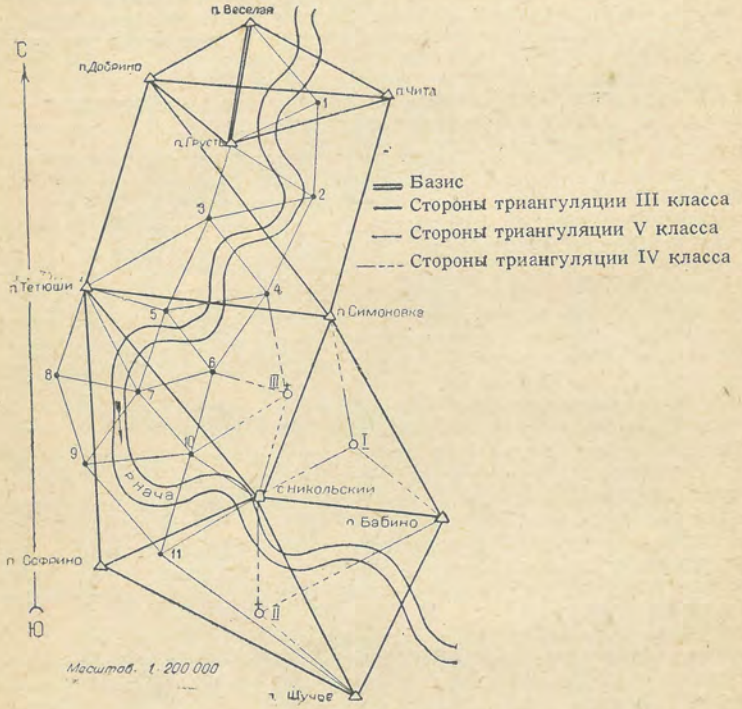


Рис. 6.

Кроме общих требований к тригонометрической сети проект должен удовлетворять следующим условиям (рис. 6):

1) пункты триангуляций располагаются на командных высотах, на водоразделах или на коренных берегах и на высоких незатопляемых местах речных долин;

2) пункты располагаются вблизи населенных мест и должны быть доступны для доставки строительных материалов и инструментов;

3) с пунктов сети должен быть открыт горизонт в сторону предполагаемого развития сети;

4) пункты должны быть равномерно расположены на съемочных трапециях в количестве 4—6 на съемочную трапецию масштаба 1 : 50 000 и 1 : 25 000.

Согласно составленному проекту основного ряда триангуляции III класса производится рекогносцировка пунктов на местности с выполнением следующих требований:

1) рекогносцировка начинается с исходных пунктов существующих триангуляций высшего класса, а в самостоятельных сетях — с выбора места для измерения базиса;

2) пункт должен быть выбран так, чтобы всякое иное расположение его было менее выгодно, чем избранное;

3) при соблюдении наивыгоднейшей формы треугольника и предельной величины стороны каждый пункт ряда должен давать наибольший продвиг;

4) особенно тщательно должна быть сделана рекогносцировка привязки прокладываемого основного ряда триангуляции III класса к пунктам триангуляций высших классов;

5) места, выбранные для постройки знаков, должны удовлетворять требованиям долговременной сохранности знаков;

6) следует избегать постройки сложных сигналов высотой 25 м и выше; в качестве пунктов необходимо максимально использовать постоянные здания и сооружения;

7) для обеспечения ориентировки планшета при мензульной съемке на каждом пункте должен быть виден с земли один местный предмет; если же по местным условиям это невозможно, то выставляют на расстоянии около 300 м специально азимутный пункт.

Одновременно с рекогносцировкой пунктов основного ряда триангуляции III класса производится рекогносцировка и пунктов IV класса, которые определяются с пунктов III класса прямыми и обратными засечками.

В результате произведенной рекогносцировки должны быть представлены следующие материалы:

1) карта района в наиболее крупном масштабе, на которой нанесены все обрекогносцированные пункты и надписаны их названия, прочерчены направления между ними, в которых должна быть достигнута видимость, место измерения базиса и определений азимутов;

2) схема сети в масштабе 1 : 100 000 или 1 : 50 000 с показанием всех подлежащих наблюдениям направлений и обозначений высот тригонометрических знаков, намеченных к постройке;

3) описания местоположений пунктов с приложением кроков и с указанием наилучших путей сообщения с пунктами;

4) журнал рекогносцировки.

Определения высот триангуляционных знаков производятся аналитическим и графическим путем. Для определения аналитическим путем высоты знака, подлежащего постройке, применяются следующие формулы:

$$\text{а)}\quad h_2 = (r_2 - \Delta H_2) - \frac{S_2}{S_1}(h_1 + \Delta H_1 - r_1),$$

где h_1 и h_2 — высоты знаков в метрах; $\Delta H_1 = H_1 - H_0$;

$\Delta H_2 = H_2 - H_0$; H_1, H_2 и H_0 — абсолютные высоты соответственно первого и второго знаков и препятствия между ними; S_1 и S_2 —расстояния в километрах от знаков до препятствия; r_1 и r_2 — поправки за кривизну земли и за рефракцию на расстояния S_1 и S_2;

$$\text{б)}\quad D = 3{,}83\,(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}),$$

где D — расстояние между тригонометрическими знаками в километрах, а h_1 и h_2—высоты знаков в метрах. Эта формула применяется при приблизительно равных абсолютных высотах мест построек знаков и при отсутствии препятствий между ними;

в) при разных высотах мест построек знаков применяется следующая формула:

$$S_1 + S_2 = 3{,}83\ (\sqrt{\Delta H_1 + h_1} + \sqrt{\Delta H_2 + h_2});$$

г) при определении высот предположенных к постройке знаков графическим способом на профильной бумаге составляется профиль поверхности земли между знаками в масштабах: для горизонтального расстояния в 1 см — 1 км и для вертикального в 1 см — 10 м.

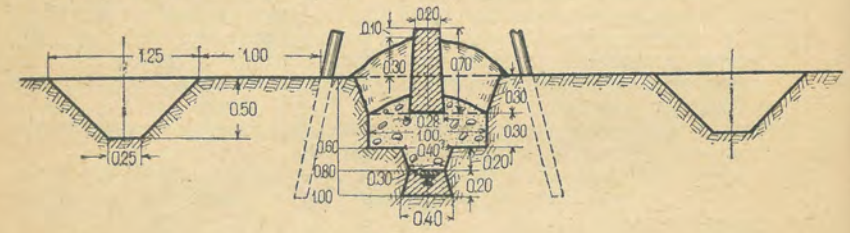


Рис. 7.

К полученным аналитическим и графическим высотам знаков для установления окончательных высот знаков основных рядов III класса необходимо прибавлять 4 м.

Тригонометрические пункты закрепляются на местности внутренними и наружными центрами установленного инструкцией Госплана СССР типа (рис. 7 — центр на пунктах III кл. и рис. 8 — на пунктах IV и V кл).

При использовании местных предметов в качестве тригонометрических знаков III класса координаты их сносятся на землю и закрепляются в соответ-

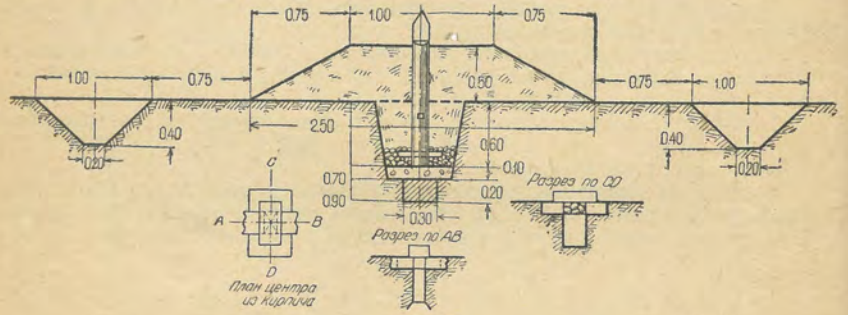


Рис. 8.

ствии с требованиями инструкции. Все тригонометрические знаки должны быть сданы по актам на хранение местным властям.

4) Измерение горизонтальных углов (направлений) в основных рядах триангуляций III класса. Для измерения углов применяются следующие инструменты:

а) универсалы Вильда и Цейсса со шкаловыми микроскопами с точностью отсчета 0′,1;

б) 10″ теодолиты с диаметром горизонтального круга 15—18 см и с увеличением трубы 30—35.

Измерение горизонтальных углов производится способом круговых приемов шестью приемами с перестановкой лимба через 30° или способом повторений двумя приемами четырьмя повторениями в период спокойных изображений. Установок инструмента на пункте наблюдений может быть несколько, но все они должны быть связаны между собой одним общим направлением.

Разность отсчетов на начальный предмет между первым и последним наблюдением в полуприеме при способе круговых приемов не должна превышать 10″ при 10″ универсале и 0′,2 для универсала со шкаловым микроскопом. Колебания двойной коллимационной ошибки не должны превышать в приемах 15″ для 10″ универсала и 0′,2 — для шкалового универсала.

Средняя квадратическая ошибка измеренного угла не должна превышать ± 2″,5.

Ошибки угловых невязок в треугольниках допускаются не более ± 5″.

Точность исходной стороны должна быть не меньше 1 : 50 000, а наиболее удаленной от исходной или базиса — не менее 1 : 20 000.

Высоты пунктов, находящихся в пределах съемки, определяются одиночным техническим нивелированием IV разряда по башмакам от ближайших реперов и марок. Высоты труднодоступных пунктов определяются геодезическим нивелированием от ближайших тригонометрических пунктов.

5) Измерения базисов в основных рядах триангуляций III класса. При развитии самостоятельных триангуляций III класса измеряются базисы. Переход от базиса к основной исходной стороне делается через базисную сеть, наилучшая форма которой — ромбическая, с углами против базиса не менее 33°. При свободных сетях базисы измеряются через 20—25 треугольников.

Длина базиса должна быть не менее 3 км. Базис выбирается на местности, удобной для измерения, с уклоном не более 1°; на определенных небольших участках уклон местности допускается до 3°.

Базисы измеряются инвартными штриховыми лентами или проволоками. Базис провешивается 1′ теодолитом. Измерение базиса производится по секциям в прямом и в обратном направлениях. Лента натягивается динамометром с натяжением в 10 кг при ширине ленты до 20 мм и в 15 кг при ширине ленты от 20 до 30 мм.

Температура лент измеряется с точностью до четверти градуса. Отсчеты по ленте производятся с точностью до 0,1 мм, разность отсчетов до и после сдвига допускается не более 0,5 мм. Для приведения расстояний между башмаками к горизонту башмаки нивелируются.

Перед началом и по окончании измерения базиса измерительные приборы (ленты или проволоки) компарируются.

После вычисления длины базиса и введения поправок за длину ленты, за температуру, за приведение к горизонту расстояний между башмаками и за приведение всей длины базиса к уровню океана выводится систематическая ошибка одной ленты и относительная ошибка измерения базиса. Базис и все направления базисной сети редуцируются на плоскость.

Относительная ошибка измерения базиса должна быть не больше 1:100 000.

Если нет ни одного пункта прежней триангуляции или его нельзя включить в сеть, один из пунктов базисной сети определяется астрономически. Азимуты исходных сторон определяются по способу проф. Ф. Н. Красовского измерением горизонтального угла между полярной и вспомогательной звездой. Точность определения азимута должна быть не менее 5″.

Углы в базисных сетях измеряются девятью круговыми приемами с перестановкой лимба через 20°. Уравновешивание базисной сети производится по способу наименьших квадратов.

Для получения рабочих координат пунктов и их высот производится предварительная обработка данных наблюдений, которая заключается в следующем:

1) в составлении схемы триангуляции в масштабе 1 : 100 000 или 1 : 50 000;

2) в выписке измеренных направлений и в оценке точностей результатов наблюдений по формулам:

$$m = \pm\sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} \quad \text{и} \quad M = \pm\sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}},$$

где m — средняя квадратическая ошибка направления из одного приема; M — средняя квадратическая ошибка направления из n приемов; v — уклонения от средних значений направлений; n — количество приемов.

3) в вычислении сферических избытков, центровок и редукций и величин редукций направлений на плоскость;

4) в составлении приведенных направлений к центру и на плоскость;

5) в определении допустимости угловых невязок в треугольниках;

6) в упрощенном уравнивании отдельных систем и в вычислении рабочих координат;

7) в вычислении абсолютных высот и пунктов сети.

Окончательное уравнивание производится по правилам, изложенным в «Высшей геодезии» проф. Ф. Н. Красовского, ч. 1-я, изд. Госкартгеодезии, 1932.

6) Заполняющая триангуляционная сеть III класса. Заполняющие сети III класса прокладываются в виде вставки цепей треугольников между пунктами сетей высших классов.

Пункты сети на местности обозначаются простыми пирамидами и в исключительных случаях — сигналами. Под пунктами закладываются двойные центры.

В целях экономии времени и средств надлежит максимально использовать устойчивые и удобные для наблюдений здания и сооружения.

Длины сторон в треугольниках сети могут быть от 5 до 8 км. По форме треугольники должны быть возможно ближе к равносторонним со связующими углами не менее 30°. Рекогносцировка производится так же, как и сети основного ряда III класса.

Углы измеряются 10″ универсалами по способу круговых приемов четырьмя приемами (с перестановкой лимба на 45°) или по способу повторений — двумя приемами и тремя повторениями или 30″ теодолитом — способом повторений — двумя приемами и четырьмя повторениями. Измерение углов производится в период наилучшей видимости и спокойных изображений.

Расхождения в приемах измеренного угла способом круговых приемов не должны превышать 5″ для 10″ универсала и 12″ для 30″ теодолита.

При измерении углов вокруг точки способом повторений уклонения суммы углов от 360° не должны превышать $\pm 5''\sqrt{n}$ для 10″ универсала и $\pm 12''\sqrt{n}$ для 30″ теодолита, где n — число измеренных углов.

Средняя угловая невязка в треугольниках допускается не больше $\pm 8''$.

Средняя квадратическая ошибка измеренного угла при измерении углов способом повторений определяется по формуле:

$$M = \pm\frac{1}{2p}\sqrt{\frac{\sum\delta^2}{n-1}} \quad \text{где } \delta = d - q;$$

$$d = L - R; \quad q = \frac{\sum d}{n};$$

где p — число повторений, n — число углов, d — разность между p — кратным углом при круге «лево» и при круге «право»; q — систематическая ошибка, которая не должна превышать $\pm 5''$.

Точность исходной стороны должна быть не менее 1 : 50 000, а наиболее удаленной от исходной — не менее 1 : 10 000.

В населенных районах с культурными землями для съемок в масштабе 1 : 5 000 и крупнее высоты на пункты передаются от ближайших реперов и марок одиночной технической нивелировкой IV разряда замкнутыми полигонами. В местах же малообжитых для съемок в масштабах 1 : 50 000 и 1 : 25 000 передача высот на пункты производится путем геодезического нивелирования, причем должны быть выполнены следующие условия:

1) точность отсчета по вертикальному кругу должна быть не менее 20″;

2) наблюдения должны быть взаимные;

3) зенитные расстояния измеряются тремя приемами, а при наличии дальномерной сетки одним приемом по трем нитям в период с 13 до 15 час.;

4) пузырек уровня при алидаде должен приводиться на средину;

5) в журнале должно быть зарисовано место наведения горизонтальной нити.

Средняя квадратическая ошибка превышения при взаимном (двустороннем) геодезическом нивелировании при точности отсчета по вертикальному кругу 20″ допускается: для расстояний 5 км ±0,20 м и для 8 км ±0,33 м; предельная невязка не должна превышать двойной средней.

3. Тригонометрические пункты IV класса и триангуляционные сети V и VI класса

1) Тригонометрические пункты IV класса. Для сгущения триангуляционной сети для обоснования мензульных съемок в масштабах 1 : 5 000, 1 : 10 000, 1 : 25 000 и 1 : 50 000 одновременно с проложением сетей III класса определяются пункты IV класса методом прямых и обратных засечек.

Пунктами IV класса обычно служат постоянные сооружения, высокие здания, вехи, столбы и пирамиды.

Пункты IV класса должны определяться прямой засечкой не менее как с трех пунктов, а обратной — не менее как по четырем пунктам.

Углы при определяемом пункте IV класса должны быть не менее 30° и не более 150°.

Углы измеряются 10″ универсалом тремя приемами при двух положениях круга или 30″ теодолитом — четырьмя повторениями при двух положениях круга.

Средняя квадратическая ошибка измерения угла допускается не более ±5″.

Высоты пунктов IV класса определяются односторонним геодезическим нивелированием не меньше чем с трех ближайших пунктов.

2) Триангуляционная сеть V класса. Триангуляционная сеть V класса служит основой для крупномасштабных съемок в масштабе 1 : 10 000, 1 : 5 000 и 1 : 2 000 и прокладывается на основе пунктов сетей высших классов.

В случае отсутствия их сеть V класса прокладывается самостоятельно. В последнем случае измеряется базис, и координаты одного из пунктов базисной сети определяются астрономическим путем (при съемке участка более 100 км²).

Длины сторон треугольников в сетях V класса могут быть от 1 до 3 км.

До приступа к полевой работе на имеющейся карте наиболее крупного масштаба наносятся границы районов съемки, для обоснования которой должна быть проложена сеть, все тригонометрические пункты высших клас-

сов, репера и марки, расположенные вблизи и в районе предполагаемой съемки; на основании этих данных и рельефа местности составляется проект сети.

Согласно проекту сети производится рекогносцировка местности для отыскания наивыгоднейших мест расположений пунктов.

Рекогносцировка начинается с исходных пунктов сетей высших классов, а в самостоятельно прокладываемых сетях — с выборов мест для базисов. Одновременно с рекогносцировкой производится установка вех и пирамид.

В результате рекогносцировки составляется чертеж окончательно выбранной схемы сети и намечается способ уравнивания ее.

Перед выездом в поле производится исследование инструмента, а перед наблюдением — полевые поверки его.

Измерения углов производятся: 30″ теодолитом способом повторений одним приемом — тремя повторениями и 1′ теодолитом двумя приемами четырьмя повторениями.

При измерении углов инструмент обычно устанавливается над центром знака; при невозможности—инструмент устанавливается вблизи центра знака, в этом случае определяются графически элементы центрировки. Кроме того, на каждом пункте должны быть определены и элементы редукций. Лучшим временем для измерения горизонтальных углов являются утро (от восхода солнца до 9—10 часов) и вечер (с 16 часов до захода солнца).

Направления на дополнительные пункты измеряются способом круговых приемов.

При включении в сеть V класса местных предметов одновременно с измерением углов необходимо сносить координаты наблюденных пунктов на землю с соответствующим их закреплением.

Погрешности в треугольниках не должны превышать ± 0′,7.

В самостоятельных сетях V класса измеряется базис длиной от 1 до 3 км. Измерение базиса производится 24-метровой или 20-метровой стальной штриховой лентой в прямом и обратном направлениях (или двумя лентами в одном направлении) или стальной проволокой по штативам или по кольям. Остаток базиса измеряется 5- или 10-метровой компарированной стальной рулеткой. Натяжение ленты производится динамометром с силой, равной силе натяжения при компарировании ленты. Температура лент и проволок измеряется на каждом пролете.

Относительная ошибка измерения базиса вычисляется по формуле:

$$M = \frac{\Delta}{D}, \quad \text{причем} \quad \Delta = \frac{D_1 - D_2}{\sqrt{2}},$$

где D_1 — длина базиса в прямом направлении; D_2 — длина базиса в обратном направлении. Точность измерения базиса должна быть не менее 1 : 25 000.

Расхождение результатов двойного измерения базиса штриховой лентой с учетом поправок за температуру не должно превышать $1{,}2\sqrt{n}$ мм, где n — число пролетов, а при измерении стальной проволокой — $0{,}5\sqrt{n}$ мм.

Азимут в сетях V класса определяется 30″ теодолитом: а) по полярной и вспомогательной звездам по способу проф. Ф. Н. Красовского или б) по солнцу.

Средняя ошибка определения азимута предмета должна быть не более ±0′,3.

Для съемки в м. 1 : 10 000 высоты пунктов сети определяются двухсторонним геодезическим нивелированием; для съемок же в масштабе 1 : 5 000, 1 : 2 000 и 1 : 1 000 высоты передаются одиночным техническим нивелированием IV разряда замкнутыми полигонами.

Углы наклона измеряются одним полным приемом при двух положениях вертикального круга.

Расхождения между превышениями в прямом и обратном направлениях между пунктами не должны превышать на 1 км ±0,25 м для одноминутного вертикального круга и ±0,15 м для 30″. Окончательные высоты пунктов, определенных геодезическим нивелированием, даются округленными до 0,1 м, а определенных техническим нивелированием — до 0,01 м.

Камеральная обработка сетей V класса заключается в следующем:

1) в поверке журналов измерений горизонтальных углов, в выводе средних значений углов из двух кругов с округлением до 0′,1 при 1′ теодолите и 0′,05—при 30″ теодолите; окончательные значения углов выписываются чернилами;

2) в составлении схемы чертежа триангуляции в масштабе 1 : 50 000 со всеми данными;

3) в обработке измеренных базисов и в оценке точности их измерений;

4) в предварительном вычислении длин сторон треугольников, поправок за центрировки и редукции и в определении угловых невязок в треугольниках;

5) в уравновешивании отдельных систем и в окончательном вычислении длин сторон сети;

6) в вычислении азимутов и в приведении их к дирекционным углам по формуле $T = A \pm \gamma$, где A — истинный азимут, а γ—сближение меридианов в точке стояния инструмента, определяемое по формуле:

$$\gamma = \Delta\lambda \sin\varphi \text{ или } \gamma = [2]\, y \operatorname{tg}\varphi,$$

где $\Delta\lambda$—расстояние по долготе между данными пунктами в секундах дуговой меры, а φ — средняя широта данных пунктов; $[2] = \frac{\rho}{N}$, где ρ — число секунд в одном радиане, а N—радиус кривизны сечения, перпендикулярного меридиану; величина [2] обычно берется из таблиц Шарнгорста; y — ордината точки, имеющей широту φ и долготу λ; дирекционный угол определяется: при y положительных — по формуле $T = A - \gamma$, при y отрицательных — по формуле $T = A + \gamma$;

7) в вычислении координат и высот пунктов сети V класса и дополнительных пунктов;

8) в определении средней ошибки измеренного горизонтального угла по формуле Ферреро из большого числа треугольников:

$$m = \pm\sqrt{\frac{\sum \nu^2}{3n}},$$

где ν — невязки в треугольниках; n — число треугольников. В результате камеральной обработки должен быть получен следующий материал:

1) чертеж сети в масштабе 1 : 50 000 или 1 : 100 000;

2) ведомость окончательно уравновешенных координат пунктов, округленных до 0,1 м;

3) описание пунктов, центров знаков, реперов и марок и

4) краткая пояснительная записка.

При проложении сетей V кл. надлежит руководствоваться инструкцией по геодезическому обоснованию и производству топографической съемки в м. 1:10 000, изд. ГУГСК НКВД СССР, 1936 г.

3) Триангуляционная сеть VI класса. Триангуляционная сеть VI класса развивается на основе сетей III и V классов и пунктов IV класса. Она служит для обоснования съемок узких, открытых пойм рек в масштабах 1 : 10 000 и 1 : 5 000. Длины сторон в треугольниках около 1 км. Базисы измеряются инварной или стальной штриховой лентой; длина базиса от 0,5 до 1,0 км. Измерения углов производятся 1′ теодолитом тремя

повторениями при двух положениях круга. Средняя квадратическая ошибка измерения угла не должна превышать ±0′,3. Угловая невязка в треугольниках не должна превышать ±0′,5. При измерении горизонтальных углов необходимо обращать особое внимание на точность центрирования инструмента. Азимуты определяются по полярной и вспомогательной звездам по способу проф. Ф. Н. Красовского или по солнцу. В остальном при проложении сетей VI класса надлежит руководствоваться указаниями для проложения сетей V класса.

Для обоснования съемок в масштабах 1 : 1 000 и 1 : 2 000 прокладывается специальная триангуляция, которая должна удовлетворить требованиям, соответствующим точности масштаба съемки.

Базисы измеряются инварной или стальной штриховой лентой; длина базиса 0,5—1 км. Углы измеряются 30″ теодолитом одним приемом тремя повторениями. Объектами наблюдений служат металлические стержни диаметром 3 см. При измерении углов особенно тщательно должны быть проделаны центрировки и редукции. Средняя квадратическая ошибка направления не должна превышать ±6″, а ошибки в треугольниках — ±10″. Длины сторон в треугольниках от 0,5 до 1,0 км в зависимости от масштаба съемки.

§ 5. Полигонометрия

В равнинных, лесных и лесостепных местностях, в условиях рек с заросшими лесом поймами, где проложение триангуляции сопряжено с большими трудностями, вместо триангуляции прокладывается полигонометрия, которая служит геодезической основой для съемок. По точности полигонометрия разделяется на шесть классов. Стороны точной полигонометрии могут быть измерены: а) методом параллактическим, б) непосредственно (метод траверс).

В параллактической полигонометрии линии хода непосредственно не измеряются, а вычисляются по измеренным коротким базисам и параллактическим углам.

Базисы разбиваются примерно по средине линий хода и перпендикулярно к ним (метод проф. В. В. Данилова). Измерение линий хода параллактическим методом целесообразно применять в лесостепной полосе, где прокладке триангуляции будут мешать отдельно разбросанные лесные участки, но в то же время имеется достаточно открытого места, чтобы проложить параллактическую полигонометрию и засечь боковые предметы.

В равнинных лесных закрытых местностях предпочтительнее применение метода траверс.

1. Параллактическая полигонометрия

Параллактическая полигонометрия служит заполняющей сетью по отношению к триангуляции II класса, но может быть проложена как самостоятельная сеть, заменяющая собой триангуляцию III класса.

В последнем случае она обязательно должна быть привязана к тригонометрическому или астрономическому пункту и ориентирована по истинному азимуту. Полигонометрический ход должен быть по возможности прямолинейным. Отклонения отдельных сторон хода от общего направления хода не должны быть более 30°.

Пункты полигонометрических ходов разделяются на: 1) главные, 2) закладные и 3) промежуточные.

Главные пункты хода выбираются на возвышенных местах на расстоянии 8—15 км друг от друга при обязательном условии видимости смежных пунктов, что необходимо для более точных передач азимутов. На местности главные пункты закрепляются пирамидами и сигналами с закладкой под ними двойных центров.

Закладные точки выбираются на местах, удобных для дальнейшего развития планово-высотной опорной сети для топографических съемок, на расстоянии 5—6 км друг от друга, при условии взаимной видимости одного из ближайших главных пунктов. Закладные точки закрепляются на местности простыми пирамидами или столбом с обязательной закладкой под ними центров.

Промежуточными пунктами являются закрепленные временными реперами углы поворотов хода (рис. 9).

Поворотные углы главного хода измеряются или 10″ теодолитом или универсальными теодолитами Вильда или Цейсса шестью приемами со средней ошибкой не более ±2″,5. Углы поворотов на промежуточных пунктах измеряются теми же инструментами, что и на главных пунктах, по трехштативному методу тремя приемами со средней ошибкой не более ±4″,0. По обеим сторонам полигонометрического хода прямыми засечками определяются дополнительные боковые пункты. Таковыми могут быть выдающиеся предметы местности и сооружений, удобные для наблюдений на них (колокольни, водоемные здания, фабричные трубы, шпили зданий), или специально поставленные на командных высотах знаки. Боковые пункты выбираются на расстоянии 4—7 км друг от друга и с таким расчетом, чтобы углы при них были не менее 30° и не более 150°. Углы на дополнительные боковые пункты измеряются теми же инструментами, что и на главных пунктах, тремя круговыми приемами со средней ошибкой ±5″,0.

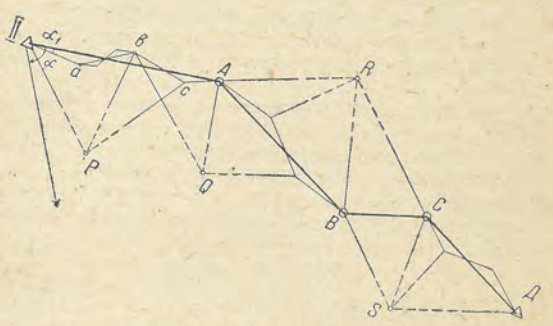


Рис. 9.

Вертикальные углы по полигонометрическому ходу измеряются одним полным приемом по одной средней нити, причем нить наводится на марки на концах базиса и на смежные по ходу промежуточные пункты. Измерение вертикальных углов на боковые пункты (дополнительные) производится одним полным приемом с наблюдением по трем нитям.

Базисный прибор состоит из: а) 2—3 мерных приборов длиной по 24 или 48 м, из которых один является нормальным; б) стальной 20-метровой рулетки с миллиметровыми делениями; в) двух термометров пращей; г) 24-метрового стального канатика или проволоки для разбивки базиса; д) 6—8 базисных штативов с удлиненными ножками; е) двух штативов с блоками системы Карпантье для натяжения проволок; ж) двух гирь по 10 кг для натяжения проволок и з) нивелира и нивелирной реечки длиной 1,5 м.

Перед выездом на работу и по возвращении мерные приборы должны быть прокомпарированы.

Базисы измеряются инварными или стальными проволоками или узкими лентами шириной не более 6 мм, длиной 24 или 48 м, имеющими на концах дециметровые шкалы с сантиметровыми и миллиметровыми делениями. Длина базиса зависит от параллактического угла, который должен быть не

менее 5°, и должна быть кратна длине мерного прибора. Базис измеряется в прямом и в обратном направлениях; в каждом пролете делается три пары отсчетов по шкалам с переменой мест наблюдателей. Расхождение в пролете сумм отсчетов $П+3$ должно быть в пределе $\pm 0{,}2$ мм. Перед измерением базис нивелируется.

Параллактические углы измеряются универсальными теодолитами типа Цейсса или Вильда тремя приемами с ошибкой не более $\pm 1{,}''5$. Каждый прием состоит из двух полуприемов. В первом полуприеме труба наводится последовательно на левую и правую марки, расположенные на концах базиса, вращая алидаду с трубой по ходу часовой стрелки, с предварительным отводом ее влево на 30—40°. Во втором полуприеме трубу наводят последовательно на правую и левую марки, вращая трубу с алидадой против хода часовой стрелки с предварительным отводом ее вправо на 30—40°. Между полуприемами труба через зенит не переводится. Каждый из трех приемов измеряется на различных произвольных частях лимба. Один из трех приемов должен быть сделан при другом положении вертикального круга. Параллактические углы менее 5° измеряются вышеуказанным способом четырьмя и более приемами.

Средние квадратические ошибки параллактических углов подсчитываются по формуле:

$$M = \pm \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n(n-1)}}.$$

Ежедневно в процессе работ особыми вычислителями производится полевая обработка материалов, в результате которой получаются рабочие координаты (плоские) точек хода в системе Гаусса-Крюгера и высоты точек, которые немедленно передаются для обоснования топографических съемок.

Производство вычислений подробно изложено в инструкции по точной полигонометрии II и III классов, утвержденной Государственным междуведомственным Геосоветом, изд. 1935 г., в отчете по исследованию метода точной полигонометрии — проф. В. В. Данилова (Труды Госуд. инст. геодезии и картогр., вып. 4-й, изд. 1932 г.) и в отчете по полигонометрическому ходу Кулики— Н. Никольский инж. А. С. Юркевича (изд. НИИОТ, 1935 г.).

2. Траверсы * I, II и III классов

Траверсы прокладываются обычно в тех районах, где по топографическим условиям и по ситуации местности прокладка триангуляций нецелесообразна. К таким районам относятся равнинные местности со значительными лесными массивами, труднопроходимые и малонаселенные.

К недостаткам траверсного хода надо отнести то, что он представляет собой одиночную линию, затем некоторую сложность в прокладке его и недостаточность контроля в части как полевых работ, так и камеральных, за исключением случаев примыкания траверсного хода к цепи триангуляции или к другому траверсному ходу. Поэтому в США во всех случаях, где стоимость рекогносцировки, постройки сигналов и наблюдений в триангуляции не превышает стоимости работ по прокладке траверсных ходов на 100% отдают предпочтение триангуляции перед траверсами.

По точности результатов траверсы разделяют на три класса: I класс характеризуется относительной ошибкой хода, равной 1 : 25 000, II класс — 1 : 10 000 и III класс — 1 : 5 000.

Траверсы I и II классов прокладываются обычно вдоль железнодорожного полотна и иногда вдоль шоссе, а в приморских районах — по береговой линии; траверсы же III класса прокладываются по прямолинейным грунтовым дорогам, по просекам и по заданным направлениям.

* На английском языке полигонный ход всякого рода называется «трэверс».

а) **Проложение траверсов.** Для проложения траверсов необходимы следующие отряды:

1) строительный отряд в составе одного техника и 2—4 рабочих для рекогносцировки, постройки сигналов и закладки центров;

2) измерительный отряд в составе 2 техников и 5 рабочих, которые производят все измерения лентой и забивку кольев, служащих для поддержки ленты;

3) нивелирный отряд в составе одного техника и одного рабочего, которые нивелируют траверсный ход;

4) контрольно-измерительный отряд в составе двух рабочих, которые производят контрольные измерения линий лентой;

5) угломерный отряд, состоящий из одного старшего техника и рабочего, которые производят измерения горизонтальных углов при поворотных пунктах хода и на боковых станциях;

6) наблюдательный отряд в составе ст. техника и рабочего, которые измеряют горизонтальные углы на всех главных траверсных станциях.

Таким образом партия для проложения траверсов состоит: из начальника партии, ведущего общее наблюдение и рекогносцировку, из 2 старших техников, 4 техников и 12—14 рабочих.

Каждый отряд имеет соответствующее снаряжение.

б) **Измерение линий траверсов.** Стороны траверсного (полигонометрического) хода измеряются: в I и II классах узкими инварными лентами или проволоками длиной 48—50 м по рельсу, по кольям или по штативам, а в III классе — стальными штриховыми узкими (6 мм) лентами или проволоками длиной 48—50 м по кольям или по штативам.

При измерении линий по рельсу положение конца лент отмечается на рельсе стамеской, а на кольях и штативах — ножом или булавкой. Мерить линии по мокрому рельсу не разрешается. Температура определяется по двум термометрам, помещенным в расстоянии 1 м от начала и от конца ленты. Каждый пройденный километр отмечается на рельсе особой меткой.

Для натяжения лент на рельсах применяются багры с особыми приспособлениями для держания их на рельсах, а для натяжения между кольями или штативами — особые блочные штативы. Лента натягивается пружинными динамометрами с силой 15 кг.

На закруглениях, приходящихся на нулевых местах железнодорожного полотна, измерение линии ведется по касательным до их пересечения. Если же закругление железнодорожного полотна приходится в глубокой выемке, то вместо непосредственного измерения линии прокладывается триангуляция.

Измерение линий делается один раз. Для обнаружения просчетов при измерении линий делается контрольное измерение линий по земле стальной лентой длиной 20 м обычным способом.

В начале и в конце траверсного хода, также через каждые 50—65 км измеряются расстояния между станциями (1—2 км) два раза — вперед и обратно. Расхождения допускаются не более ± 10 мм $\sqrt{L}$, где L—расстояние в километрах. Через каждые 15 км измерений рабочая лента сравнивается с нормальной. Сравнения производятся с точностью до 0,1 мм.

в) **Измерение углов.** Углы измеряются повторительными теодолитами Цейсса или Вильда способом повторений. Для каждого направления среднее из всех приемов должно иметь в траверсах I и II классов вероятную ошибку не свыше $1{,}''5$.

Наблюдения на главных пунктах траверса I и II классов производятся только ночью или в пасмурные дни, причем в обоих случаях наблюдаются фонари. При прокладке хода стараются визировать через несколько пунктов для более точной передачи азимута.

Азимуты направлений хода определяются преимущественно по полярной звезде. Поправка углов между двумя астрономически определенными азимутами для траверса II класса не должна быть больше ±3″ и для III класса ±5″.

В процессе проложения хода прямыми засечками определяются выдающиеся местные предметы.

В случае отсутствия на местности тригонометрических пунктов траверсы прокладываются замкнутыми полигонами, причем координаты (широта, долгота и азимут) начальной точки определяются астрономическим путем. В и с я ч и е хода допускаются как исключение. Через 30—40 км наблюдаются астрономические азимуты, которые улучшают ориентировку сторон полигона и тем самым увеличивают точность определений координат пунктов.

Производство работ и вычислений подробно изложено в Инструкции по точной полигонометрии II и III классов, утвержденной Государственным Междувед. Геосоветом, изд. 1935 г.

3. Магистральные хода (полигонометрия VI класса)

Магистральные хода бывают следующих видов:

1) с о м к н у т ы е, представляющие собой полигоны, начинающиеся от пунктов с определенными координатами, охватывающие определенные р а й о н ы и замыкающиеся на начальном пункте; такой вид магистрального хода часто применяется при съемках в крупных масштабах;

2) р а з о м к н у т ы е, представляющие собой хода между тригонометрическими пунктами III, IV и V класса или полигонометрическими пунктами; такие магистральные хода обычно применяются при съемках в масштабе 1 : 10 000—1 : 50 000 и являются дополнительными опорными сетями;

3) в и с я ч и е, начинающиеся от каких-либо определенных координатами пунктов, но не замыкающиеся ни на начальных пунктах, ни на других пунктах, имеющих определенные координаты.

Висячие хода, опирающиеся на тригонометрический или астрономический пункт, применяются главным образом для обоснования съемок притоков исследуемой реки, съемок нешироких пойм рек на небольшом протяжении их и узких полос местности в заданных направлениях. В висячих ходах через каждые 15—20 км и на конце хода должны быть определены истинные азимуты.

Р а б о т ы п о п р о л о ж е н и ю м а г и с т р а л ь н ы х х о д о в заключаются:

а) в составлении проекта ходов на карте, в рекогносцировке местности в намеченном направлении, в разбивке на местности углов, в провешивании сторон, в прорубке просек, в закреплении вершин хода через 1—1,5 км деревянными столбами и в установке через 8—10 км реперов постоянного типа;

б) в измерении длин хода с разбивкою пикетажа (в случае надобности); измерении углов наклона линий и в вычислении поправок за наклон линий;

в) в измерении углов на точках поворота хода и в определении истинных азимутов.

К а м е р а л ь н а я о б р а б о т к а магистрального хода заключается:

а) в составлении схемы магистрального хода;

б) в вычислении дирекционных углов основных линий хода;

в) в определении угловой невязки хода и в распределении ее по углам хода;

г) в вычислении длин линий хода, приведенных к горизонту;

д) в вычислении приращений прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера и линейных невязок ходов;

е) в увязке ходов и в вычислении уравненных приращений;

ж) в вычислении координат угловых точек магистральных ходов;

з) в накладке на планшеты съемок по вычисленным координатам угловых точек хода и

и) в вычислении высот угловых столбов, реперов и характерных точек хода.

При проложении магистральных ходов необходимо руководствоваться нижеследующим:

а) хода необходимо прокладывать по возможности по ровному месту, благодаря чему увеличивается точность работы;

б) длины сторон хода должны быть возможно длиннее, благодаря чему количество углов поворота хода будет меньше, в связи с чем повышается точность работы;

в) при проложении ходов в заросшей местности надо стремиться к возможному сокращению числа порубок на просеках;

г) просека должна иметь ширину не менее 1 м и должна быть хорошо расчищена от срубленных деревьев;

д) при прокладке хода вдоль реки надо пользоваться берегом, менее заросшим и удобным для измерения линий; чтобы избегать лишней рубки просек, необходимо ход перебрасывать с берега на берег;

е) места для углов надо выбирать таким образом, чтобы с них была достаточная видимость, чтобы над углом было удобно поставить инструмент и чтобы при измерении углов линии визирования проходили достаточно высоко над землей.

И з м е р е н и е д л и н линий хода производится или одной 20-метровой стальной лентой в прямом и обратном направлениях, или двумя лентами разной длины в одном направлении. Концы откладываемых лент отмечаются шпильками. Укладка лент производится на-глаз. Лента перед работой и в конце работы должна быть прокомпарирована и иметь формуляр.

При измерении длин линий необходимо производить и измерение углов наклона линий или частей их при наклоне их более 2° для приведения их к горизонту. Поправка за наклон линий вычисляется по формуле:

$$x = 2d_1 \sin^2 \frac{\alpha}{2},$$

где d_1 — длина измеренной линии, а α — угол наклона.

Поправка за наклон линии всегда вводится со знаком минус и выбирается из таблиц.

Наибольшая допустимая разность между двумя результатами измерений линий и с учетом поправки за разницу длин лент при измерении линий двумя лентами — не должна превосходить 1 : 2 000 длины линии.

При переходе магистрального хода через реку или овраг — определение длины линии производится тригонометрическим путем с разбивкой и измерением на местности одного или двух базисов. При измерении линий разбивается пикетаж, пикеты забиваются через 100 м; на перегибах местности забиваются плюсовые точки. Нумера пикетов и плюсовых точек подписываются на сторожках, которые забиваются справа по ходу у пикетов и у плюсовых точек надписью в сторону начала хода.

На углах магистрального хода пикетаж не прекращается, а продолжается дальше. На углах хода длины линий отсчитываются с точностью до 0,01 м, а на плюсовых точках — с точностью до 0,1 м. Одновременно с измерением линий пикетажист ведет пикетажный журнал, в котором отмечается магистральный ход, все пикеты и плюсовые точки под соответствующими нумерами, углы поворотов и делается зарисовка местности.

При измерении длин линий хода в местах с жарким климатом, зимой и при резкой перемене температуры в процессе работ необходимо измерять температуру ленты и вводить поправки за температуру лент в длины линий, причем коэфициент расширения стальной ленты принимается равным 0,0000125 на 1°С.

Измерение горизонтальных углов хода до 8 км производится 1′ теодолитом одним приемом при двух положениях вертикального круга, причем при переводе трубы через зенит делается перестановка лимба на 90°. При ходах же от 8 до 15 км горизонтальные углы измеряются 30″ теодолитом двумя повторениями при одном полном приеме.

Угловая невязка хода подсчитывается по формулам:

а) для сомкнутого хода $\nu = \Sigma\beta - 180°\,(n-2)$

и б) для разомкнутого хода $\nu = \Sigma\beta - 180°\ n - (T'_0 - T'_n)$,

где ν — угловая невязка; $\Sigma\beta$ — сумма углов, вправо по ходу лежащих; n — число углов в ходе, считая в разомкнутом ходе и оба примычных угла; T'_0 и T'_n — дирекционные углы исходной и примычной линий, между которыми проложен магистральный ход.

Предельная угловая ошибка в ходах не должна превышать величины, определяемой формулой:

$$F_p = \pm \mu \sqrt{n},$$

где μ — предельная угловая ошибка измерения одного угла, равная 0′,5—0′,7, а n — число углов хода. Привязка ходов к опорным пунктам сети производится путем измерения примычных углов на два пункта сети.

При отсутствии видимости на два тригонометрических пункта измеряются примычный угол и его дополнение до 360°.

Вычисление приращений координат производится по таблицам Гаусса или по пятизначным таблицам логарифмов. Невязка в приращениях координат вычисляется по формулам:

для сомкнутого полигона:

$$F_y = \sum_1^n \Delta y;$$

$$F_x = \sum_1^n \Delta x;$$

для разомкнутого полигона:

$$F_y = \sum_1^n \Delta y - (Y_{n+1} - Y_1);$$

$$F_x = \sum_1^n \Delta x - (X_{n+1} - X_1);$$

а линейная невязка в ходе — по формуле:

$$F = \pm \sqrt{F_y^2 + F_x^2}.$$

Более строгий расчет величины невязки в периметре можно произвести, пользуясь нижеследующей формулой средней квадратической ошибки в положении конечной точки сомкнутого полигона:

$$M^2 = \mu^2 \sum_1^n l + m_\beta{}^2 \sum_1^n D^2,$$

где μ есть коэфициент влияния случайных ошибок при измерении линий, приходящийся на единицу длины, m_β — средняя квадратическая ошибка измерения угла, D — расстояние центра тяжести полигона от той или иной вершины его.

При 20-м ленте для величины μ принимается коэфициент прусской кадастровой инструкции, равный:

$\mu = 0{,}0045$ для местности I кл. с благоприятными условиями измерений;

$\mu = 0{,}0056$ для местности II кл. со средними условиями для измерений и

$\mu = 0{,}0065$ для местности III кл. с неблагоприятными условиями измерений.

Величину m_β можно считать в среднем равной 0′,5 при длинных сторонах.

Из формулы видно, что M зависит от числа входящих в вычисление углов. Из этого вытекает важность вспомогательных линий внутри полигона.

Относительная ошибка висячего вытянутого теодолитного хода, в котором углы не исправляются, вычисляется по формуле:

$$\left(\frac{M}{L}\right)^2 = \lambda^2 + \frac{\mu^2}{L} + \frac{m_\beta{}^2}{\rho^2} \cdot \frac{n+1{,}5}{3}.$$

Относительная же ошибка вытянутого хода, проложенного между точками, положение которых точно известно, с углами, исправленными за невязку в углах, вычисляется по формуле:

$$\left(\frac{M}{L}\right)^2 = \lambda^2 + \frac{\mu^2}{L} + \frac{m_\beta{}^2}{\rho^2} \cdot \frac{n+3}{12}.$$

Для замкнутого хода — применяется формула:

$$M^2_{\text{лин.}} = \mu^2 L.$$

В вышеприведенных трех формулах λ — коэфициент систематической ошибки, $m_\beta{}^2$ — средняя квадратическая ошибка измерения угла, μ — коэфициент влияния случайных ошибок при измерении линии, ρ — радиан.

Распределение невязок в приращениях координат производится пропорционально длинам хода. При наличии узловых точек — уравновешивание ходов производится способом эквивалентной замены или методом узловых точек.

Относительная ошибка в магистральных ходах не должна превышать при измерении линий 20-метровой стальной лентой и углов одноминутным теодолитом 1 : 2 500 при благоприятных условиях измерений и 1 : 1 500 — при неблагоприятных.

Вычисление дополнительных пунктов, определенных прямой засечкой не менее чем с трех пунктов хода под углами при определяемой точке не менее 30° и не более 150°, производится после уравновешивания ходов.

Передача высот на репера магистрального хода производится технической нивелировкой IV разряда. В случае же прокладки ходов исключительно для обоснования съемок в масштабе 1 : 5 000 и мельче измерение вертикальных углов производится теми же инструментами, что и горизонтальных углов, одним полным приемом на верх 2-метровой вешки.

Расхождение прямых и обратных превышений не должно выходить из предела 0,03 м на 100 м. Окончательные превышения вычисляются по таблицам Савицкого.

Допускаемая невязка по высоте определяется по формуле:

$$\Delta h = K\sqrt{L \cdot S},$$

где L — длина хода в километрах; S — средняя длина стороны хода в километрах;

$K = 0{,}42$ при $\alpha < 5°$ и $S < 250$ м
$K = 0{,}54$ » » » $S > 300$ »
$K = 0{,}60$ » $\alpha > 5°$ $S < 250$ »
$K = 0{,}75$ » » » $S > 300$ »

Полученные допустимые невязки распределяются на все пункты хода ропорционально квадратам длин линий.

4. Оптическая полигонометрия

Оптическая полигонометрия применяется в случаях, когда приходится прокладывать магистральные хода в условиях, неблагоприятных для непосредственного измерения расстояний, благодаря чему ошибки магистральных ходов получаются больше допускаемых, а также — в горных условиях, где иногда совершенно не представляется возможным проложить магистральный ход с непосредственным измерением длин линий. В этих случаях для определения длин линий применяют оптические дальномеры.

Дальномеры бывают: 1) нитяные и 2) с оптическим клином.

а) **Нитяные дальномеры.** Нитяные дальномеры с вертикальной рейкой имеют большое применение при мензульной и тахеометрической съемках. Практическая точность их колеблется от $^1/_{300}$ до $^1/_{800}$.

Для устранения ошибок от вертикальной рефракции дальномерную рейку стали располагать на штативах горизонтально и перпендикулярно к линии визирования; в соответствии с этим в сетку нитей трубы ввели две добавочных вертикальных нити на равном расстоянии от средней.

В настоящее время в производстве применяются нитяные дальномеры с горизонтальными рейками «ФАС» и типа Гекмана, конструкции Котова «ГЕКО».

Горизонтальная рейка «ФАС» представляет собой деревянный брусок длиной 3,25 м, шириной и толщиной по 42 мм, выкрашенный в белую краску. На бруске на расстоянии по 0,125 м от концов через 0,5 м нанесены биссекторы, представляющие собой белый просвет, шириной 20 мм, с окрашенными по бокам черной краской прямоугольниками, шириной по 20 мм. В срединах биссекторов вделаны медные марочки с нарезанными на них накрест тонкими линиями для компарирования рейки.

Кроме того, на одной половине рейки на расстоянии 0,12 м от нанесенных биссекторов, ближе к средине, нанесены биссекторы красной краской для контрольных отсчетов по рейке. На одном конце рейки между марками последнего полуметра вделана в брусок стальная миллиметровая линеечка длиной 0,5 м и имеется подвижная марка с индексом. Подвижная марка имеет микрометренный винт для точного введения марки биссектора под проекцию нити дальномера. На противоположной стороне рейки также сделаны марки и имеется миллиметровая линеечка.

В процессе работы рейка помещается на двух штативах с трегерами, которые позволяют приводить ее в горизонтальное положение с помощью уровня, вделанного посредине верхней плоскости бруска. Рейка устанавливается нормально к линии визирования Чтобы сделать отсчет

по рейке, левую вертикальную нить наводят на соответствующую расстоянию марку, а под проекцию правой подводят подвижную марку. Отсчет по миллиметровой шкале, сделанной по индексу подвижной марки, сложенной с числом полуметров от нуля миллиметровой шкалы до марки, на которую была наведена левая нить, дает полный отсчет по рейке.

Горизонтальная рейка «ГЕКО» состоит из деревянной рамы, связанной из двух брусков, длиной по 3,25 м, шириной 35 мм и толщиной 30 мм; бруски соединены между собою поперечными брусками длиной 60 мм, толщиной 30 мм и шириной 35 мм. Поперечные бруски расположены на краях рейки, против нулевой марки и через каждые полметра. Рама обшита тонкими досками толщиной 6 мм. Назначение рамы — облегчить вес рейки. Вся рейка проолифена и снаружи выкрашена белой эмалевой краской. Длина рейки 3,25 м, ширина 130 мм и толщина 42 мм. На концах рейки прикреплены бруски длиной по 0,28 м, шириной 100 мм и толщиной 42 мм, которые служат продолжением основной рейки и необходимы для помещения на концах рейки вертикальных шкал.

В расстоянии 0,125 мм от левого конца рейки на 4 винтах прикреплена подвижная нулевая марка, которую можно установить так, что из отсчета по рейке будут исключены постоянная величина дальномера C и половина толщины бруска. Рейка разделена на двухсантиметровые деления, штрихи которых проведены карандашом наклонно 1 : 10. Вместо штрихов на рейке краской сделаны биссекторы следующей ширины: для расстояний до 50 м — 6 мм, от 50 до 100 м — 8 мм, от 100 до 150 м — 10 мм, от 150 до 200 м — 12 мм и от 200 до 300 м — 14 мм; промежутки между биссекторами закрашены черной и красной краской по метрам.

На концах рейки между нулевой маркой и делениями, которые начинаются с третьего дециметра, нанесены вертикальные шкалы с 10 равными делениями (2 см). Верхняя черта шкалы находится на одной линии с верхними концами делений рейки. Расстояние между верхней и нижней чертами шкалы соответствует перемещению горизонтальной нити при перемещении наклонной нити сетки с помощью наводящего микрометренного винта трубы (наклоняя объектив) от старшего штриха до младшего.

Дальномерная сетка нитей Гекмана состоит из одной (левой) вертикальной нити и второй (правой) наклонной 1 : 10. Точки пересечения этих нитей с горизонтальной нитью находятся на равных расстояниях от точки пересечения горизонтальной нити со средней вертикальной. Дальномерный коэфициент должен быть определен с точностью не менее 1 : 8 000. В процессе работы рейка кладется в вилки двух трегеров, расположенных на штативах; с помощью трегеров и уровня рейка приводится в горизонтальное положение. Рейка устанавливается нормально к линии визирования.

Для отсчета по рейке вертикальную левую нить дальномера наводят на марку (нулевой штрих), а горизонтальную нить располагают по верхним концам делений рейки. В это время правая наклонная нить займет некоторое положение между делениями рейки. Далее наводящим микрометренным винтом трубы наклоняют объектив до тех пор, пока наклонная правая нить дальномера не будет введена в биссектор ближайшего младшего деления рейки. Отсчет по горизонтальной нити по вертикальной шкале даст десятые и сотые доли деления рейки, которые надо прибавить к отсчету до младшего штриха. Наведения и отсчеты повторяют, и сумма двух полных отсчетов даст отсчет по рейке, так как рейка разделена на двухсантиметровые деления, а надписи их сделаны соответственно сантиметровым.

б) **Дальномеры с оптическим клином.** Для устранения влияния толщины нитей дальномерной сетки иностранные фирмы изготовляют дальномеры с

оптическим клином, основанным на принципе отклонения лучей, проходящих через стеклянную призму к ее основанию, причем угол отклонения луча есть функция угла между преломляющими гранями призмы. Коэфициент преломления стекла призмы и преломляющий угол подбираются так, что угол при определенном угле падения луча на призму оказывается равным 34′22″,6. Такая призма может служить дальномером с коэфициентом $K=100$. Таким образом дальномер с двойным изображением есть дальномер с постоянным углом.

Из изготовляемых иностранными фирмами оптических дальномеров наибольшее употребление у нас имеют:

1) Дальномер системы швейцарской фирмы Вильда нижеследующей конструкции: на объектив трубы теодолита надевается металлический цилиндр с двумя стеклянными ахроматическими клиньями, расположенными рядом один под другим, по преломляющим углам в разные стороны. Угол отклонения каждой призмы равен 17′11″,3; следовательно дополнительный коэфициент каждого клина равен 200. Задние грани клиньев совпадают и расположены перпендикулярно к оптической оси трубы. Во время работы оба клина располагаются горизонтально, и один клин закрывает нижнюю, а другой верхнюю половину объектива.

При наведении трубы на горизонтальную рейку наблюдатель увидит два изображения рейки. Если рейка перпендикулярна к измеряемой линии, то можно всегда подобрать на рейке две симметрично расположенные относительно визирной линии трубы точки, лучи которых, пройдя каждый через свою призму, пойдут по направлению визирной линии, а значит их изображения совпадут. В этом случае сумма углов отклонений обеих призм будет равна углу между симметрично расположенными точками на рейке, и этот угол будет диастимометрическим для дальномера.

Рейки у дальномера Вильда деревянные, причем на верхней половине нанесены дециметровые деления, а на нижней — сантиметровые. Ввиду трудности изготовления призм с коэфициентом $K=100$ для каждого инструмента изготовляются специальные рейки с соответствующими делениями, дающие непосредственные отсчеты расстояний.

2) Тахеометр с оптическим дальномером, изобретенный швейцарцем Босхардтом, выпущенный фирмой Цейсс; оптический дальномер этого инструмента имеет так же, как и у Вильда, два ахроматических клина, но устройство и расположение их другое.

3) Дальномер Брейтгаупта, основанный на принципе полного внутреннего отражения. Описание устройства оптических дальномеров и источники их ошибок изложены в книге проф. А. С. Чеботарева «Дальномерная полигонометрия» (Гос. технико-теоретическое издательство, Москва, 1933 г.).

в) **Производство работ с нитяным дальномером и с горизонтальными рейками.** Оптическая полигонометрия обычно является заполняющей сетью между тригонометрическими пунктами III и IV классов для обоснования съемок. В речных изысканиях и при съемках узких полос оптическая полигонометрия может быть проложена самостоятельно. В этом случае ход должен быть привязан к тригонометрическому или астрономическому пункту, а через 10—15 км должны определяться истинные азимуты направлений линий хода по солнцу. Оптическая полигонометрия состоит из пунктов основного хода и из боковых пунктов, определяемых прямой засечкой не менее чем с трех пунктов основного хода. Основные хода прокладываются по возможности прямолинейными и равносторонними. Высоты пунктов определяются геодезическим нивелированием (рис. 10).

Нормальная длина основного хода, проложенного между двумя тригонометрическими пунктами, равна 8 км; средняя длина полузвена (расстояние

от теодолита до рейки) — около 200 м. Предельная длина самостоятельного свободного основного хода находится в зависимости от масштаба съемки и от относительной ошибки стороны хода.

Для проложения оптической полигонометрии необходимы надлежащие инструменты, изготовляемые в СССР: а) два 30″ теодолита со специально нарезанными дальномерными нитями; б) две специальных горизонтальных рейки 3 м длины с четырьмя штативами, с трегерами и прочими принадлежностями системы «ФАС» или типа Гекмана, конструкции Котова «ГЕКО»; в) штриховая лента; г) призменный или двухзеркальный эккер, д) тесьмяная 20-м рулетка.

Перед выездом на работу, на основании имеющихся и собранных материалов — картографического, данных тригонометрических и полигонометрических пунктов I—IV классов, марок и реперов, имеющихся в районе работ, и др. — составляется проект работ.

Работа (конечно после поверок инструментов) начинается с рекогносцировки местности согласно предварительному проекту: а) с целью выбора наиболее выгодных по форме и по положению основных ходов и закрепления их на местности знаками и б) с целью выбора и закрепления на местность боковых пунктов.

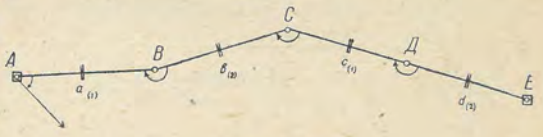


Рис. 10.

Не реже чем через 3 км выбираются закладные точки с таким расчетом, чтобы с них была видимость смежных закладных точек. Закладные точки на местности закрепляются деревянными реперами, вехами и простыми пирамидами из толстых жердей.

Горизонтальные углы на точках поворота измеряются 30″ теодолитами: в самостоятельных основных ходах — одним приемом тремя повторениями, а в ходах между тригонометрическими или полигонометрическими пунктами — двумя повторениями.

Центрирование теодолита на точках поворота производится с точностью ±0,5 см.

При измерении расстояний расхождения между отсчетами по рейке допускаются не более ±2 мм.

Расстояния определяются по формуле:

$$d=(kl+c)\cos^2\alpha,$$

где k — коэфициент дальномера, c — постоянная величина дальномера, l — длина отрезка рейки между проекциями крайних вертикальных нитей дальномера, α — угол наклона визирного луча.

Координаты пунктов основного хода вычисляются по формулам геодезии на плоскости. В длину сторон хода должна быть введена поправка за редукцию на плоскость Гаусса-Крюгера и за приведение к уровню океана. Координаты боковых пунктов вычисляют многократным решением прямых засечек, подбирая пары так, чтобы угол в точке пересечения их был бы не менее 30°.

Средние квадратические ошибки не должны превышать: а) в углах поворотов хода ±9″ в свободных ходах и ±12″ — в ходах между тригонометрическими пунктами или в замкнутых самостоятельных полигонах; б) в определенных истинных азимутах ±20″ и в) в превышениях ±1,5 см на 250 м.

§ 6. Система координат

При производстве топографо-геодезических работ в зависимости от цели и назначения их применяются две системы координат: 1) геодезические и 2) прямоугольные.

1. Геодезические координаты

Геодезические координаты в виде широт и долгот применяются при проложении основных рядов триангуляций I и II классов, так как основными линиями на картах являются меридианы и параллели. Все мензульные съемки, в масштабах 1 : 10 000 — 1 : 100 000, преследующие цель получения топографического материала для социалистического строительства, обороны страны и для целей картографии, производятся в рамках, ограниченных меридианами и параллелями (многогранная проекция Мюфлинга) на основе тригонометрических пунктов с определенными координатами Гаусса-Крюгера.

При вычислениях географических координат до 1926 г. в СССР принимались разные сфероиды, отличавшиеся своими размерами, а именно:

Вычислитель сфероида	Год	Большая полуось a в м	Малая полуось b в м	Сжатие $\frac{a-b}{a}$	Длина четверти меридиана в м
Вальбек	1819	6 376 896	6 355 833	1 : 302,8	10 000 268
Бессель.	1841	6 377 397	6 356 079	1 : 299,2	10 000 856
Кларк	1880	6 378 249	6 356 515	1 : 293,5	10 001 868
Хэйфорд		6 378 388	6 356 912	1 : 297,0	

В России до 1880 г. в основу вычислений географических координат был принят сфероид Вальбека, а после 1880 г. некоторые работы вычислялись на сфероидах Бесселя или Кларка.

В 1926 г. первое геодезическое совещание для СССР приняло сфероид Бесселя, который уже получил наибольшее применение в СССР и который лучше других сфероидов согласуется с поверхностью геоида в европейской части Союза *.

---

* Постоянные сфероида были приняты согласно следующей таблицы:

Большая полуось $a = 6\,377\,397{,}15500$ м; $\lg a = 6{,}8046434637$

Малая » $b = 6\,356\,078{,}96325$ м; $\lg b = 6{,}8031892339$

Радиус кривизны на полюсе $c = \frac{a^2}{b}$ $c = 6\,398\,786{,}84939$ м; $\lg c = 6{,}8060976435$

Эксцентриситет $e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$ $e^2 = 0{,}006674372230614$ $\lg e^2 = \overline{3}{,}8244104\,37$

Эксцентриситет в новой форме $e' = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}}$ $e'^2 = 0{,}006719218797971$ $\lg e'^2 = \overline{3}{,}8273187833$

Сжатие $\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{299{,}1528128} = 0{,}003342773181579.$

Так как в связи с принятием сфероида Бесселя все ранее вычисленные тригонометрические пункты по размерам других сфероидов должны быть перевычислены, что составляет в общем большую работу, требующую значительного времени, работа эта не закончена, почему в настоящее время мы имеем географические координаты пунктов для разных мест СССР, вычисленные по размерам разных сфероидов. Это обстоятельство необходимо иметь в виду при перевычислении пунктов с географическими координатами в прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера, так как существующие таблицы для перевычислений выполнены для размеров земного сфероида по Бесселю.

Решение прямой (по широте и долготе одной точки, азимуту и расстоянию до другой точки определить широту и долготу другой точки) и обратной геодезической задачи производится по формулам прусского геодезиста Шрейбера и по таблицам, составленным Шарнгорстом и дополненным Матусевичем. Они же рекомендуются и для вычислений с координатами Гаусса-Крюгера.

Одновременно с вычислением географических координат пунктов основных рядов триангуляций I и II классов производится вычисление прямоугольных координат Гаусса-Крюгера этих же пунктов; прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера облегчают привязки к ним ведомственных триангуляций, вычисляемых обычно в прямоугольных координатах и прокладываемых для обоснования специальных съемок.

2. Прямоугольные координаты Зольднера

Прямоугольные координаты, облегчающие переход от шара к плоскости, были применены в первый раз Зольднером в 1909 г. при Баварской съемке.

Если провести через начало координат точку O (рис. 11) меридиан NOS, а через данную на земном шаре точку P — дугу большого круга QPQ перпендикулярно к NOS, — то получим абсциссу x_c и ординату y_c, которые будут служить координатами точки P.

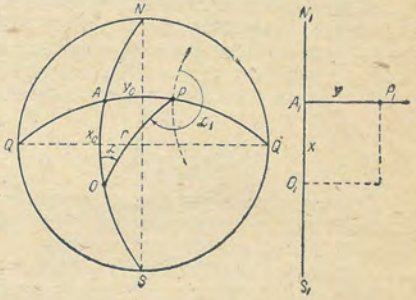


Рис. 11.

Угол, образуемый дугой, проведенной через точку P параллельно меридиану NOS и дугой большого круга, проведенной в данном случае между точками P и O, называется дирекционным углом (α и α_1) и считается от севера на восток. Аналогичный ему угол в плоской геодезии называется азимутом.

Соединив же точку P с началом координат дугою большого круга, мы получим полярные сферические координаты точки P, где r—радиус вектора, а угол NOP — дирекционный угол вектора. В данном случае благодаря тому, что ось абсцисс совмещена с меридианом, дирекционный угол может быть назван азимутом.

Рассмотренные координаты можно назвать поверхностными координатами в отличие от географических, которые дают углы между прямыми в пространстве (в теле земли).

При переходе с земной поверхности на плоскость плана поверхностные координаты искажаются относительно мало, причем искажения зависят

от проекции, при помощи которой часть шаровой поверхности переносится на плоскость.

Зольднер предложил при переходе с шара на плоскость считать для каждой точки прямоугольные сферические координаты равными плоским прямоугольным координатам. Таким образом, чтобы изобразить на плане например точку P, надо провести прямую $O_1N_1^1$, отложить на ней отрезок $O_1A_1 = x_c = x$, восставить к нему в точке A перпендикуляр и отложить на нем отрезок $A_1P_1 = y_c = y$. Построенные таким образом плоские координаты $x = x_c$ и $y = y_c$ называются координатами Зольднера.

Отношение бесконечно малых линейных элементов вокруг данной точки на проекции Зольднера к соответствующим элементам на местности называется масштабом. В направлении, параллельном оси абсцисс, масштаб равен

$$m_x = 1 + \frac{y^2}{2R^2},$$

где y — ордината данной точки, а R — радиус шара), а в направлении ординаты масштаб равен единице, т. е. ординаты переносятся на проекцию без искажения. Таким образом бесконечно малый круг вокруг данной точки на проекции Зольднера изображается эллипсом, вытянутым по направлению оси абсцисс; чем дальше отстоит данная точка от оси абсцисс, т. е. чем больше её ордината, тем более вытянут эллипс. Раз мы имеем неодинаковые масштабы в разных направлениях, следовательно налицо искажения и углов между направлениями, исходящими из одной точки, которые увеличиваются с увеличением ординаты точки. При ординате, равной 90 км, искажения достигают 10″ и дальше растут пропорционально квадрату y. В этом главнейший недостаток проекции Зольднера, который заставил перейти на проекцию Гаусса-Крюгера, у которой искажения углов между бесконечно близкими точками нет и эллипс искажения представляет круг.

Вычисление прямоугольных сферических координат Зольднера производится по формулам, приведенным в книге: «Практическое руководство для производства триангуляции III, IV и V классов и прокладки полигональных ходов при землеустройстве и регистрации», выпуск 1. Составлено ст. геодезистом землеустройства Московского земельного отдела А. С. Филоненко (издательство Московского земельного отдела, 1927 г.).

3. Прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера

Система прямоугольных координат Гаусса-Крюгера введена в СССР в марте 1928 г. постановлением III геодезического совещания как единообразная для всех ведомственных и других геодезических работ. Ширина координатных полос принята в 6° по долготе с допущением применения и 3° полос. При шестиградусных зонах крайние меридиальные зоны совпадают с меридианами рамок соответствующих листов «миллионной» карты (масштаба 1 : 1 000 000), а осевые меридианы зон совпадают со средними меридианами листов «миллионной» карты и имеют долготы, определяемые по формуле $\lambda_0 = 6n - 3$, где n — номер зоны. Номер зоны вычисляется по формуле:

$$n = \frac{\lambda_0 + 3}{6}, \text{ где } \lambda_0 \text{ — осевой меридиан.}$$

Частные начала координат берутся на осевом меридиане через 100 км считая от экватора, которым соответствуют нижеследующие широты:

B_0 км	φ_0	B_0 км	φ_0
3 500	31°37′32″418	5 500	49°38′16″138
600	32°31′39″271	600	50°32′13″021
700	33°25′45″659	700	51°26′ 9″403
800	34°19′51″576	800	52°20′ 5″287
900	35°13′57″016	900	53°14′ 0″678
4 000	36° 8′ 1″973	6 000	54° 7′55″580
100	37° 2′ 6″443	100	55° 1′49″997
200	37°56′10″420	200	55°55′43″935
300	38°50′13″900	300	56°49′37″400
400	39°44′16″880	400	57°43′30″398
4 500	40°38′19″358	6 500	58°37′22″936
600	41°32′21″329	600	59°31′15″021
700	42°26′22″793	700	60°25′ 6″661
800	43°20′23″747	800	61°18′57″863
900	44°14′24″191	900	62°11′48″636
5 000	45° 8′24″124	7 000	63° 6′38″990
100	46° 2′23″546	100	64° 0′28″932
200	46°56′22″466	200	64°54′18″474
300	47°50′20″858	300	65°48′ 7″624
400	48°44′18″751	400	66°41′56″395

Проекция Гаусса является конформной цилиндрической проекцией, сохраняющей подобие в бесконечно малых частях, а поэтому сохраняющей и величины углов между линиями, проведенными на поверхности сфероида из некоторой точки при переносе этих линий по законам проекции со сфероида на плоскость.

При применении проекции Гаусса нужно представить для каждой зоны цилиндр с эллиптическим основанием, касающийся сфероида по осевому меридиану зоны, причем ось цилиндра проходит через центр сфероида, находится в плоскости экватора и перпендикулярна к плоскости осевого меридиана. На таком цилиндре строится конформное изображение части поверхности сфероида, соответствующей принятой зоне, после чего цилиндр развертывается на плоскость. Изображение осевого меридиана на развернутой плоскости цилиндра в виде прямой линии принимается за ось абсцисс с началом ее в точке пересечения осевого меридиана с экватором. Масштаб на оси абсцисс будет равен 1. С удалением от осевого меридиана к западу и востоку на 3° (при ширине зоны 6°) наибольшее искажение будет на экваторе равно $\frac{1}{750}$, а на широте 45°— $\frac{1}{500}$; при ширине же зоны в 3° и с удалением от осевого меридиана к западу и востоку на 1°,5 наибольшее искажение на экваторе будет равно $\frac{1}{3\,200}$ и на параллели 45°— $\frac{1}{6\,000}$. Соответственно этому наибольшая поправка угла при переносе сферического треугольника на плоскость в широте 45° не превысит 5,″6 при длинах сторон треугольника в 10 км (т. е. при основном ряде триангуляции III класса) и 1,″1—при длинах сторон треугольника в 2 км (триангуляция V класса). Отсюда можно сделать заключение, что при ширине зоны в 3° по долготе перенос элементов опорных геодезических сетей со сфероида на плоскость производится с большой точностью и просто.

При шестиградусной зоне вышеуказанные поправки углов удвоились бы, искажения же на краях зоны сильно возрастут, почему точные решения задач, вытекающих из применения проекции Гаусса, потеряют свою простоту по сравнению со случаем трехградусной зоны.

Если длины сторон, образующих угол в трехградусной зоне, меньше 3 км, то редукцию угла можно не делать; таким образом при обработке полигонометрических ходов необходимо вводить лишь редукцию в измеренные длины сторон по формуле:

$$S = s + s\frac{y^2}{2R^2},$$

где S — длина измеренной стороны, а y — средняя ордината отдельного хода между опорными пунктами; поправка в длину стороны S берется из таблиц.

Величина $\frac{y^2}{2R^2}$ имеет следующие числовые значения:

y в км	$\frac{y^2}{2R^2}$	y в км	$\frac{y^2}{2R^2}$
50	1/32 000	200	1/2 000
100	1/8 000	300	1/890
150	1/3 550		

Мензульные съемки в масштабе 1 : 10 000 и мельче производятся в трапециях*, ограниченных меридианами и параллелями, а в более крупных масштабах — в квадратных рамках со сторонами, параллельными и перпендикулярными осевому меридиану зоны. При съемках трапециями на них же наносятся квадратные рамки, для чего необходимо сначала от географических координат углов съемочной трапеции (решением прямой задачи) перейти к соответствующим плоским координатам Гаусса-Крюгера. Во всех случаях мензульная съемка производится общепринятыми приемами, так как наибольшие искажения расстояний в проекции Гаусса не превысят 1:1 500, что в мензульной съемке не имеет значения; угловые же искажения будут значительно меньше ошибок графического построения углов с помощью кипрегеля.

Для облегчения вычислительных работ в проекции Гаусса в 1923 г. прусский геодезист Крюгер развил и улучшил формулы и схемы вычислений для непосредственного перехода со сфероида на плоскость, почему они и стали называться координатами Гаусса-Крюгера. Схемы и приемы решения задач по применению проекции Гаусса-Крюгера к обработке опорных сетей, а также таблицы для вычисления координат помещены в следующем издании, которым и следует руководствоваться: «Таблицы, формулы и руководство для вычисления координат Гаусса-Крюгера», составленные под руководством проф. Ф. Н. Красовского (Ленинград, Госкартогеодезия, 1931 г.).

Кроме этих таблиц имеются следующие руководства:

1) «Координаты Гаусса-Крюгера и их применение», проф. Н. Г. Келль (Гос. планхозгиз, Москва, 1930 г.).

2) «Таблицы, формулы и краткое руководство для вычисления плоских прямоугольных координат» Гаусса-Крюгера. Эллипсоид Бесселя. Н. Н. Матусевич и А. П. Ющенко.

3) Инструкция о порядке применения системы плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера в топографо-геодезических работах, утвержденная Государственным междуведомственным Геосоветом 8/IV 1934 г. Издание ОНТИ НКТП СССР, 1935 г.

* При отсутствии привязки к государственным тригонометрическим сетям, съемку участков площадью меньше 100 км² разрешается производить в квадратных рамках размером 50×50 см.

4. Увязка координат Гаусса-Крюгера с государственными сетями

В процессе производства изысканий могут встретиться следующие случаи привязок к государственным сетям.

а) Даны два тригонометрических пункта, вычисленных в одной системе координат и от одного начала. Требуется от них проложить триангуляцию III класса для обоснования съемки.

Если пункты даны в координатах Зольднера, то они предварительно должны быть перевычислены в координаты Гаусса-Крюгера. Если же пункты даны в географических координатах, то их перевычисляют в координаты Гаусса-Крюгера, а затем по формулам геодезии на плоскости определяют расстояние между пунктами (S) и дирекционный угол (T). Так как S и T получены по координатам Гаусса-Крюгера, редуцировать их на плоскость не надо.

От вычисленной стороны развивают триангуляцию III класса заполняющего ряда. Наблюдение углов производится применительно к развиваемой триангуляции. Измеренные углы необходимо редуцировать на плоскость. Полученные в треугольниках невязки (если они допустимы) распределяются поровну на углы в треугольниках и вводятся с обратными знаками. Триангуляция уравнивается в координатах Гаусса-Крюгера. Для ускорения работы можно не вычислять длин сторон треугольников, а непосредственно определять координаты каждой последующей точки с двух данных, ранее определенных по формулам прямой засечки. Если прокладываемая триангуляция лежит не далее 10 км от данных двух тригонометрических пунктов, то ее можно привязать к данным пунктам по задаче Ганзена.

Для контроля рекомендуется измерить на местности расстояние между привязанными двумя пунктами триангуляции по задаче Ганзена. Измеренные при этих пунктах углы необходимо редуцировать на плоскость.

б) В случае проложения триангуляции для обоснования съемок от астрономически определенного пункта или от единственного пункта ранее проложенной триангуляции необходимо сделать переход от широты и долготы пункта к прямоугольным координатам Гаусса, редуцировать на плоскость длину измеренного базиса прокладываемой триангуляции и от астрономически определенного азимута перейти к дирекционному углу на плоскости. Для исполнения этих вычислений лучше обратиться в вычислительное бюро Государственного института геодезии и картографии.

в) Обоснование съемки может быть привязано к государственной сети обратной засечкой (задача Потенота). Если количество пунктов Государственной сети больше трех, то решают многократную обратную задачу; если же количество пунктов равно трем, то для контроля лучше определить обратной засечкой два пункта на некотором расстоянии друг от друга и расстояние между ними измерить на местности и полученный результат проверить с аналитически вычисленным по полученным координатам этих двух пунктов

5. Увязка магистральных ходов, проложенных между двумя тригонометрическими пунктами

Рассмотрим несколько случаев.

а) **Магистральный ход проложен между двумя смежными взаимно видимыми тригонометрическими пунктами,** координаты Гаусса-Крюгера которых известны. В этом случае прежде всего по координатам пунктов определяют дирекционный угол направления и расстояние между ними по следующим формулам:

$$\operatorname{tg} t = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}; \qquad S = \frac{y_b - y_a}{\sin t} = \frac{x_b - x_a}{\cos t}.$$

Далее все расстояния между точками поворотов магистрального хода редуцируются на плоскость по формуле:

$$S = s + s\frac{y^2}{2R^2},$$

где S — расстояние на плоскости, а s — измеренные расстояния.

Примычные углы и углы поворота не исправляются за редукцию на плоскость.

Угловая невязка хода вычисляется по формуле:

$$\nu = \Sigma\beta - 180°(n-2),$$

где n — число всех углов, считая и примычные углы.

б) **Магистральный ход проложен между двумя сторонами триангуляции** AB и CD.

Координаты Гаусса-Крюгера пунктов B, A, C и D (рис. 12) даны, а

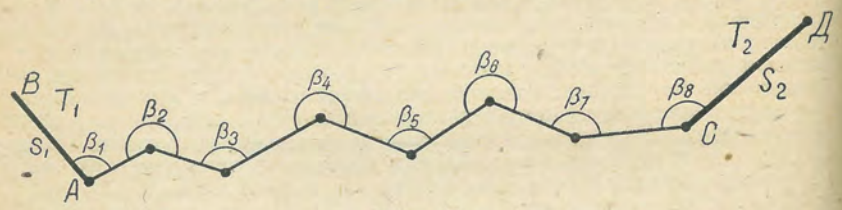


Рис. 12.

также даны расстояния S_1 S_2 и дирекционные углы линий AB и CD — T_1 и T_2. Если же расстояния и дирекционные углы не даны, их можно получить по вышеприведенным формулам.

Все измеренные линии хода редуцируются на плоскость. В углы поворота хода поправки за редукцию на плоскость не вводятся. Угловая невязка вычисляется по формуле:

$$\nu = \Sigma\beta - 180°n - (T_2 - T_1),$$

где $\Sigma\beta$ — сумма углов влево по ходу лежащих, а n — число всех углов хода, считая и примычные.

в) **Магистральный ход проложен между двумя тригонометрическими пунктами** A **и** B **взаимно не видимыми.** Координаты Гаусса-Крюгера пунктов даны.

В данном случае прежде всего необходимо на пунктах A и B (рис. 13) определить истинные азимуты направлений AP и BQ по солнцу. Описание определения азимута по солнцу дано в «Инструкции по геодезическому обоснованию и производству топографической съемки в масштабе 1 : 10000, изд. ГУГСК НКВД СССР, 1936 г.», обязательной для всех ведомств, организаций и учреждений СССР. Вычисленные истинные азимуты направлений AP и BQ надо привести к дирекционным углам по формуле:



Рис. 13.

$$T = A - \gamma,$$

где γ — сближение меридианов.

Сближение меридианов определяется по формуле:

$$\gamma'' = [2]\, y\ \mathrm{tg}\ \varphi, \text{ где } [2] = \frac{\rho}{N}$$

и берется из таблиц Шарнгорста; y — ордината и φ — широта пункта или $\gamma'' = \Delta\lambda'' \sin\varphi + \frac{l^3}{3\rho^2}\sin\varphi\cos^2\varphi$, где $\Delta\lambda$ — разность долгот в секундах дуги.

Вычислив дирекционные углы направлений AP и BQ, дальнейшую увязку магистрального хода производят так же, как и в пункте «б».

г) **Магистральный ход проложен от тригонометрического или астрономического пункта (висячий ход).** В этом случае должен быть определен азимут последней линии хода.

Для перехода от истинного азимута к дирекционному углу надо знать координаты x и y точки, на которой определяется азимут; для получения их ход надо наложить на бумагу в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5 000 и взять координаты с чертежа (графически). Угловая невязка определяется по формуле:

$$\nu = \Sigma\beta - 180°n - (T_1 - T_2),$$

где $\Sigma\beta$ — сумма углов вправо по ходу лежащих.

Все измеренные линии хода редуцируются на плоскость.

Никаких поправок в приращения висячего хода не вводится.

Если ход нельзя начать от тригонометрического пункта, то начальную точку хода привязывают к пунктам сети прямой или обратной засечкой.

§ 7. Нивелировка

1. Основные виды нивелировок

Основным видом нивелировок при изысканиях и исследованиях являются технические нивелировки повышенной точности III разряда и технические нивелировки IV разряда; кроме того в случаях, не требующих большой точности, применяется нивелировка V разряда. Технические нивелировки являются развитием высокоточных и точных нивелировок и имеют целью: а) передачу высот на тригонометрические пункты, репера и марки для высотного обоснования съемок, б) построение профиля по направлению трассы дороги или канала, в) построение профиля реки, г) освещение рельефа местности и др.

а) **Техническое нивелирование повышенной точности III разряда.** Техническое нивелирование производится между реперами и марками нивелировок высших разрядов в заданном направлении, причем длина хода до узловых точек не должна превышать 150 км. До приступа к работе нивелировщик должен изучить район производства работ по имеющемуся картографическому и описательному материалу. На основании изучения нивелировщик наносит на карту крупного масштаба наиболее выгодное направление (из заданных) нивелированного хода, тригонометрические пункты, расположенные не далее 2—3 км от нивелирного хода, нивелирные репера и марки, как исходные, так и подлежащие привязке, метеорологические станции, водомерные посты, максимальные горизонты паводков, буровые скважины, шурфы и пр.

На основании этих данных нивелировщик намечает организацию и план производства работ.

Для производства нивелировки III разряда употребляются нивелиры, удовлетворяющие следующим условиям: труба перекладная, длиною 35—

40 см, отверстие объектива 35—40 мм, увеличение трубы в 30—40 раз и цена деления уровня около 10″; уровень должен быть скреплен с трубою. Кроме нивелира вышеуказанного типа может быть применен нивелир Цейсса (с призмами) тип II и III.

Нивелирование производится по двухсторонним рейкам 3-метровой длины с круглыми уровнями. Рейки компарируются в начале работ, в процессе работы в зависимости от погоды и по окончании полевых работ. Случайная ошибка в нанесении сантиметровых делений рейки не должна превышать ±0,5 мм.

Если расстояние между реперами и марками высокоточного и точного нивелирования не превышает 70 км, то нивелирование производится одиночным ходом; при большем расстоянии между марками или реперами, а также при прокладывании самостоятельных нивелирных ходов производится двойной ход в прямом и в обратном направлениях.

Нивелирование в прямом и обратном ходах начинается и оканчивается только постоянными реперами. При переходе от прямого к обратному ходу производится смена реек (между собой).

Нормальным расстоянием от нивелира до реек считается 75 м, но при благоприятных условиях может быть допущено до 100 м. Неравенство расстояний от нивелира до реек не должно превышать 1,5 м, причем на соседних штативах должно по возможности компенсироваться. Расстояния измеряются дальномером, тросом или просмоленной бечевой. Нивелировка производится по башмакам или по пикетажу.

Необходимо следить за тем, чтобы визирный луч не проходил над землей ниже 0,3 м.

Передача высот через реки производится согласно § 47 Инструкции по техническому нивелированию III и IV разрядов, составленной под редакцией проф. Ф. Н. Красовского в 1932 г.

Средняя случайная ошибка на 1 км одиночного хода не должна превышать ±3 мм.

Невязка в одиночном ходе между реперами или марками не должна превышать $\pm(6\sqrt{L}+0{,}6L)$ мм, где L — длина сделанного хода в километрах. Расхождение между превышениями в секции по прямому и обратном ходам не должно превышать величины $\pm 8\sqrt{k}$ мм, где k — число километров хода в одном направлении. Невязка двойного хода, проложенного между марками или реперами нивелирования I и II разрядов, после уравновешивания по секциям подсчитывается по формуле:

$$\delta = \pm(4\sqrt{L}+0{,}4L) \text{ мм},$$

где L — продвиг хода в километрах.

б) **Техническое нивелирование IV разряда.** Между марками и реперами, определенными нивелированием I и II разрядов и в случае замкнутых полигонов, производится одиночное нивелирование IV разряда; висячие хода нивелируются в прямом и в обратном направлениях.

Нивелирование IV разряда производится нивелирами с перекладной трубой и с уровнем, скрепленным с трубой или при подставке. Длина трубы 30—35 см, увеличение трубы около 30 раз, цена деления уровня не более 25″. Рейки должны быть трехметровые, двухсторонние с сантиметровыми делениями. Нули черной и красной сторон реек не совпадают. При каждой рейке должен быть четвертый добавочный метр. Рейки компарируются стальной прокомпарированной рулеткой с миллиметровыми делениями. Случайная ошибка сантиметровых делений не должна превышать ± 0,5 мм.

Рейки устанавливаются на пикетных кольях или на башмаках в вертикальное положение с помощью круглых уровней. В случае отсутствия уровня, при отсчете большем 1,5 м, рейку надо медленно покачивать назад и вперед и брать наименьший отсчет.

Нивелирование производится из середины и с перекладкою трубы, если уровень прикреплен к подставке.

Нормальным расстоянием от нивелира до реек считается 100 м.

При вставке хода между двумя реперами или марками нивелирования высших разрядов и в замкнутых полигонах невязка не должна превышать $\pm(10\sqrt{L}+1{,}0L)$ мм, где L — продвиг хода в километрах. При двойном ходе нивелировки расхождение между прямым и обратным ходами не должно превышать $\pm 15\sqrt{r}$ мм, где r — расстояние между соседними реперами по ходу, причем r не должно превышать 10 км. Предельная ошибка двойного хода проложенного между марками или реперами нивелировок I, II и III разрядов, после уравновешивания по секциям, подсчитывается по формуле $\pm(7\sqrt{L}+0{,}7L)$ мм, где L — продвиг хода в километрах.

Производство работ подробно изложено в «Инструкции по техническому нивелированию III и IV разрядов, составленной ГИГ и К при участии представителей ГГУ и УВТ под редакцией проф. Ф. Н. Красовского, утвержденной президиумом Госплана СССР постановлением от 12 марта 1932 г. № 24, Москва, 1932 г.

в) **Нивелировка V разряда.** Нивелировкой V разряда называется один из видов технической нивелировки, которая производится в тех случаях, когда не требуется определить высоты точек с большой точностью.

Нивелировки V разряда обычно производятся при экспедиционных рекогносцировочных работах для составления рабочей гипотезы, где точность передачи высот тахеометром или кипрегелем недостаточна. Кроме того она производится и при инженерных изысканиях:

а) при трассировках деривационных и судоходных каналов для целей предварительных исследований;

б) при определении высот точек местности по поперечникам;

в) при различных второстепенных ходах.

Нивелировка V разряда должна давать превышения со среднею квадратическою ошибкою не более 20 мм на 1 км хода. Если нивелировка V разряда прокладывается между реперами нивелировок высших разрядов, то расстояние между ними не должно превышать 40 км. Во всех остальных случаях длина нивелирного хода зависит от требуемой точности результата.

Для производства нивелировки V класса употребляются нивелиры обычного типа для технических нивелировок с перекладной трубой или глухие; рейки — односторонние 3- или 4-метровые с сантиметровыми или двухсантиметровыми делениями.

Увеличение труб нивелиров должно быть от 25 х до 35 х; чувствительность уровня должна соответствовать увеличению трубы.

Нивелирование V разряда производится свободным ходом и по пикетажу.

Свободный ход прокладывается тогда, когда целью нивелировки является определение высот отдельных точек хода, отстоящих друг от друга на расстоянии, превышающем предельное расстояние между рейками в одной стоянке нивелира.

При свободном ходе связующими точками обычно служат колья, прочно забитые в землю.

Для соблюдения правила нивелирования из средины при нивелировании свободным ходом расстояния от нивелира до реек определяются дальномером или шагами.

Под нивелированием по пикетажу подразумевается нивелировка точек, положение которых в плане определено промером; расстояние между пикетами допускается до 200 м. Нивелир устанавливается или на линии хода или вне ее так, чтобы можно было взять все промежуточные (плюсовые) точки.

По линии нивелировки устанавливаются на местности репера и марки.

В поймах рек репера устанавливаются вне разлива высоких вод.

Временные (деревянные) репера при рекогносцировках рек устанавливаются через 5 – 10 км, а также в начале и конце порогов, в устьях притоков и в местах предполагаемых сооружений; на поперечниках же — через 2—3 км и на концах их. Постоянные репера устанавливаются через 30—50 км, а также в начале и в конце хода при длине его свыше 20 км, вблизи временных реперов.

Нивелировка V разряда может производиться в течение всего года за исключением дождливых и туманных дней, дней с наличием сильных ветров, метелей и больших морозов.

Предельное расстояние от нивелира до рейки зависит от увеличения трубы нивелира и от цены деления уровня, но оно не должно превышать 200 м.

Отсчеты по рейке делаются с точностью до 0,1 величины деления рейки.

Нивелировка может производиться и без перекладки трубы, но при условии исправности и хорошей выверки нивелира.

Допустимая невязка замкнутого нивелировочного хода или проложенного между двумя реперами или марками нивелировки высшего разряда не должна превышать вычисленной по формуле:

$$\Delta h = \pm 20\sqrt{L} \text{ мм},$$

где L — длина хода в километрах.

При нивелировке поперечников величина допускаемой ошибки может быть увеличена в 1,5 раза.

Нивелировки, прокладываемые при рекогносцировках, во избежание просчетов и грубых ошибок обязательно поверяются попутным тахеометрическим ходом.

Нивелировка трасс деривационных и судоходных каналов для целей предварительных исследований производится по пикетажу в два нивелира и с перекладкою трубы; репера устанавливаются по оси канала через 1—2 км, а также и у всех предполагаемых сооружений. В этом случае предельная ошибка между прямым и обратным ходами и между первым и вторым нивелирами вычисляется по формуле:

$$\Delta h = \pm 15\sqrt{L} \text{ мм},$$

где L — число километров хода.

Для наглядного представления о результатах нивелирования двумя нивелирами строится график невязок следующим образом: на клетчатке в горизонтальном направлении откладывают в масштабе в 1 см — 2 км пройденные расстояния между реперами, а в вертикальном в 1 см — 10 мм — полученные невязки; на этом же графике строится график и допустимой невязки.

Полученная допустимая невязка увязывается общепринятыми способами.

Контролем нивелирования V разряда служат:

1) привязка нивелировки к двум реперам или маркам с уравненными высотами;

2) производство нивелирования в два нивелира — следом друг за другом;

3) двойной ход по одной и той же линии или замкнутый ход;

4) одиночная нивелировка с двухсторонними рейками;

5) одиночная нивелировка с переменой высоты нивелира;

6) одиночная нивелировка по способу двойных связующих точек.

Выбор контроля нивелировки зависит от цели, от условия работы и от наличия инструментов.

2. Особенности нивелировки при водных изысканиях

К особенностям нивелировки при водных изысканиях относятся:

а) нивелировки горизонтов воды: рабочего горизонта воды — для определения уклонов, промерного — для обработки материалов по промерам глубин и условного — приуроченного к одному дню и часу на всем протяжении снимаемого участка реки (однодневная связка).

б) нивелировки наивысших паводковых горизонтов текущего года и прежних лет, реперов, свай и нулей реек водомерных постов, реперов гидрометрических створов;

в) нивелировки сооружений, встречающихся на реках, как-то: плотин, гидростанций, мельниц, мостов, буровых скважин, а также всех промышленных предприятий, расположенных в пойме реки.

а) **Нивелировка рек.** Нивелировка рек производится по магистрали, проложенной по кратчайшему пути и в непосредственной близости к реке. Назначение магистрали — дать обоснование для съемки русла реки с прилегающей поймой и для плановой увязки всех точек, предположенных к занивелированию.

Продольная нивелировка реки производится технической нивелировкой III или IV разрядов по проложенной магистрали с целью получения материала, необходимого для составления продольного профиля реки, а также для высотного обоснования съемки поймы реки.

В процессе нивелировки должны быть занивелированы все вновь установленные репера и марки, репера и марки прежних нивелировок, находящиеся в районе работ, а также и все вышеуказанные горизонты воды, гидрометрические створы, водомерные посты и искусственные сооружения на реках и в пойме.

Нивелировка рек обычно производится двумя нивелирами, из которых один нивелирует магистраль и все репера на ней, а второй идет по приплескам и нивелирует рабочие и промерные горизонты воды; иногда же оба нивелира идут по одному направлению. Связка обеих нивелировок производится на прилегающих к реке реперах, отстоящих друг от друга на 1,5—2,5 км. В отдельных случаях допускается нивелировка одним нивелировщиком, проходящим дважды (в разных направлениях) участок основного хода.

За исходную высоту нивелировки принимается репер или марка с абсолютной высотой, определенной высокоточной или точной нивелировкой.

Невязки в нивелировках не должны выходить из пределов, допускаемых для нивелировок III и IV разрядов. При расхождениях, превышающих допускаемую ошибку, нивелировка повторяется.

Нивелировка рабочего горизонта производится по кольям, которые забивает один из нивелировщиков во время нивелировки вровень с горизонтом воды; время забивки кольев записывается в нивелировочный журнал с точностью до пяти минут. На кольях-«сторожках» делается надпись: «рабочий горизонт», номер кола, дата и время нивелировки.

Нормально колья забиваются через 200—400 м, но в зависимости от падения реки, переломов продольного профиля (плесы, перекаты и пр.), характера съемки или особых целей исследований это расстояние может быть

сокращено или увеличено. Во всяком случае все переломы продольного профиля реки должны быть освещены (перекаты, пороги, быстрины и т. п.).

Забивку кольев и нивелировку рабочих горизонтов обычно приурочивают к местам промерных профилей.

Против всех реперов в направлении нормальном к течению реки забиваются колья и нивелируются рабочие горизонты реки.

В нивелировочном журнале в графе «Примечания» должен быть зарисован план места забивки кола.

Нивелировка горизонтов обычно производится по одному берегу; на порожистых участках и на крутых поворотах реки шириной до 250 м горизонты нивелируются по обоим берегам для учета поперечных уклонов горизонта воды.

В местах разделения реки островом нивелировка производится отдельными ходами по обоим берегам.

Перед перерывом работ последний занивелированный горизонт воды закрепляется двумя кольями; при продолжении работ забивается третий кол в уровень с существующим горизонтом, который нивелируется совместно с предыдущими двумя.

При волнении берется средний из горизонтов; иногда делается в берегу специальная канавка нормально к берегу, в которой и забивается кол. Одновременно с нивелировкой рабочего горизонта нивелируется колья промерных горизонтов у каждого промерного профиля. При последующей мензульной съемке все колья рабочих и промерных горизонтов должны быть нанесены на планшеты с указанием номеров кольев и названий горизонтов.

На водомерных постах должны быть занивелированы репера, все сваи и рабочие горизонты; результаты нивелировки водопоста должны быть занесены в журнал поста. В случае расхождения в отметках свай, а также обнаружения неправильностей в записях немедленно должно быть поставлено об этом в известность учреждение, в ведении которого находится данный пост.

В процессе нивелировок рек должны быть собраны сведения о всех сооружениях и установках, имеющихся на реках, с указанием их конструкций, размеров, мощностей, производительности и т. д. Кроме того, должны быть составлены эскизы сооружений и произведены необходимые обмеры; важные в высотном отношении части сооружений должны быть занивелированы, как-то: подферменные камни мостов или низ ферм их у опор, кордонные камни шлюзов, плотин, пороги, гребни плотин, короли шлюзов, гребни водосливов и т. п. В качестве иллюстрации желательно иметь фотографические снимки сооружений, водомерных постов, порогов и характерных берегов исследуемой реки.

б) **Устройство водопостов.** На исследуемых участках реки в дополнение к существующим водомерным постам устраиваются временные основные и вспомогательные водомерные посты на расстоянии 10—15 км, иногда и далее, друг от друга и по возможности вблизи населенных пунктов (см. раздел III). Водопосты должны быть связаны между собой нивелировкой соответствующей точности. Кроме наблюдений за изменением горизонта воды на постоянных и временных водопостах, во время производства исследований реки, наблюдения над колебанием горизонта воды производятся и на передвижных лагерных (баржевых) постах, устанавливаемых в пунктах стоянки отряда, производящего исследование реки. Лагерные или баржевые посты служат для приведения всех рабочих горизонтов воды, занивелированных в течение дня, к одному определенному часу, обычно к 7 час. утра (см. ниже).

Лагерные водомерные посты устраиваются облегченного свайного или реечного типа и устанавливаются вблизи реперов, к которым привязываются нивелировкой; нивелировка в течение функционирования поста повторяется не менее двух раз.

Наблюдения на лагерных водомерных постах ведутся не реже трех раз в сутки; отсчеты по рейке делаются с точностью до 0,005 м. Все лагерные водомерные посты должны быть в процессе производства съемки нанесены на планшеты.

в) **Приведение рабочего горизонта воды к условному.** Съемка каждой реки должна сопровождаться специально производимой однодневной связкой горизонтов воды, дающей точки мгновенного профиля реки в естественном ее состоянии, отнесенные к определенному часу одного дня. Однодневная связка горизонта воды производится по окончании съемки реки; производство ее приурочивается к низким меженним горизонтам воды в реке (см. ниже, § 10).

Пункты связки намечаются в процессе производства продольной нивелировки промерных и рабочих горизонтов воды и выбираются в местах перехода продольного профиля реки от спокойных участков реки (от плесов) к порожистым и обратно; на перекатах берутся три точки: начало, середина и конец переката.

г) **Исследования малых и средних озер.** При съемке озер площадью до 200 км² продольная нивелировка по периметру озера для получения рабочих и промерных горизонтов воды не производится.

Взамен ее производится одновременная связка горизонтов воды озера, для чего по береговой линии на ровном расстоянии одновременно забиваются сваи легкого типа.

Одновременная забивка свай производится до приступа к работе или в первые дни таковой в тихую погоду, когда не может быть нагона и сгона воды ветром, и приурочивается к одному моменту (к 13 час.). Разрыв во времени забивки первой и последней свай на всем периметре озера или на части его не должен быть более 3 часов.

Кроме того, по всему периметру озера равномерно в среднем через 10 км устанавливаются временные водомерные посты свайного или речного типа, на которых три раза в день производятся наблюдения над горизонтом воды; водопосты необходимы для приведения промерных горизонтов к одному уровню. Во время производства однодневной связки горизонта воды озера наблюдения на водопостах ведутся через час.

Для получения абсолютной высоты горизонта воды озера, соответствующего однодневной связке, производится двойная техническая нивелировка от исходного репера, абсолютная высота которого известна, до двух и более свай однодневной связки.

Для получения высот реперов и нулей реек водомерных постов производится двойная нивелировка IV разряда от ближайшей сваи однодневной связки до репера или водопоста.

Высоты точек, служащих исходными для мензульных съемок, связываются нивелировкой с горизонтом воды озера, причем записывается время его нивелирования.

В этом случае высота горизонта воды озера получается на основании данных наблюдений на ближайшем водомерном посту.

Если озеро является частью исследуемой реки, которая вливается и снова вытекает из нее, или оно является искусственным водохранилищем, образованным плотиной, вдоль озера необходимо прокладывать нивелирный ход, который связывает хода по верхнему и нижнему участкам реки. В этом случае через 1 км по береговой линии берутся рабочие горизонты воды для получения возможного уклона озера.

Все водомерные посты, сваи однодневных горизонтов и колья рабочих и промерных горизонтов должны быть нанесены на соответствующие планшеты мензульной съемки.

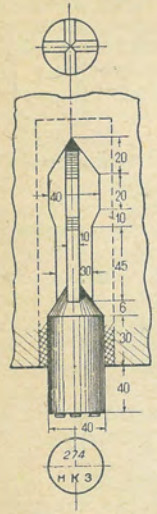


Рис. 14.

3. Репера, их типы и особенности

Все нивелирные хода закрепляются на местности постоянными и временными знаками. Знаки устанавливаются:

а) во всех крупных населенных пунктах;

б) при крупных сооружениях: мостах, плотинах, на каналах и капитальных гражданских, промышленных и общественных зданиях;

в) в наиболее характерных изломах профиля местности, при слияниях рек, вблизи крупных водоемов, в районах выходов полезных ископаемых и др.

В населенных местностях постоянные знаки устанавливаются не реже 5—6 км, а в малонаселенных—через 10 км. Расстояние между реперами меняется в зависимости и от типа изысканий: при рекогносцировочных — постоянные репера могут ставиться через 10 км, при облегченных изысканиях—через 5 км и при подробных—не реже чем через 3 км. На надежное закрепление хода реперами и марками должно быть обращено особое внимание.

В зависимости от установки нивелирные знаки разделяются на: а) стенные репера и марки, закладываемые в цоколях каменных зданий, в устоях мостов и в других каменных сооружениях, и б) грунтовые репера, устанавливаемые непосредственно в землю. В свою очередь грунтовые репера разделяются на постоянные и временные.

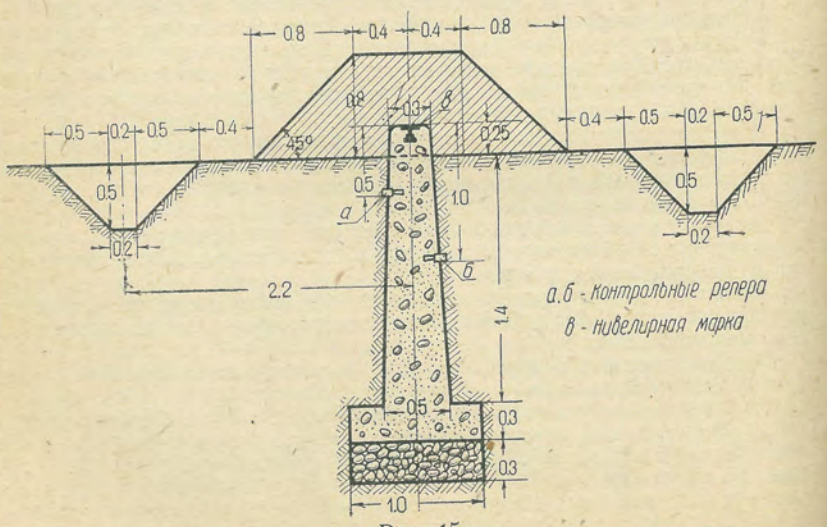


Рис. 15.

а) **Марки.** Марки бывают постоянные и временные. Постоянные марки отливаются из чугуна; вес марки около 1,5 кг. Временные марки изготовляются в форме небольших конусов с отверстием для ввинчивания штифта, на который при привязках подвешивается реечка.

Стенной репер (рис. 14) отливается из чугуна и имеет в передней части цилиндрическое сечение диаметром 40 мм, а в задней — крестообразное. Местом для постановки рейки служит верхняя часть цилиндра, выступающая на 40 мм из стены.

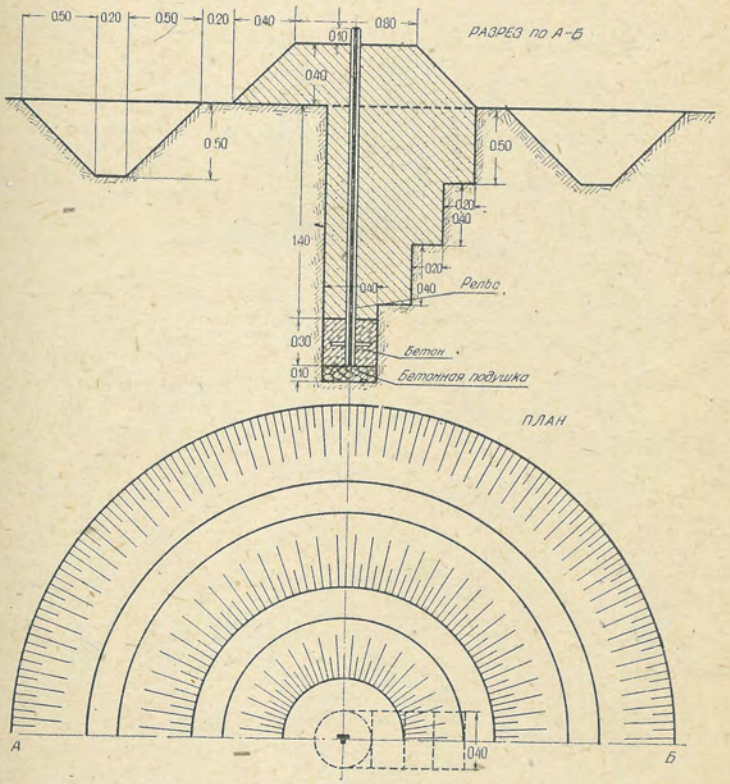


Рис. 16.

Марки и стенные репера укрепляются в каменных стенах и в устоях мостов цементным раствором 1 : 1.

б) **Грунтовые репера** устанавливаются при отсутствии подходящих прочных зданий и сооружений. К постоянным грунтовым реперам относятся:

1) бетонный (рис. 15) с основанием в виде плиты размером 1,0×1,0×0,3 м и далее в форме усеченной пирамиды с размерами внизу 0,5×0,5 м и вверху — 0,3×0,3 м и высотой 1,65 м;

2) р е л ь с о в ы й, состоящий из отрезка железнодорожного рельса длиной 2,2 м, нижний конец которого устанавливается на бетонную или кирпичную подушку и на высоту 0,3—0,4 м заделывается в бетон 1 : 4 (рис. 16); верхняя головка рельса обрабатывается в виде полушара или конуса;

3) ж е л е з н ы й, когда вместо отрезка рельса употребляется железная труба длиною 2,2 м и диаметром до 8 см (рис. 17), в верхнюю часть трубы иногда заделывается особый штырь, служащий для постановки рейки.

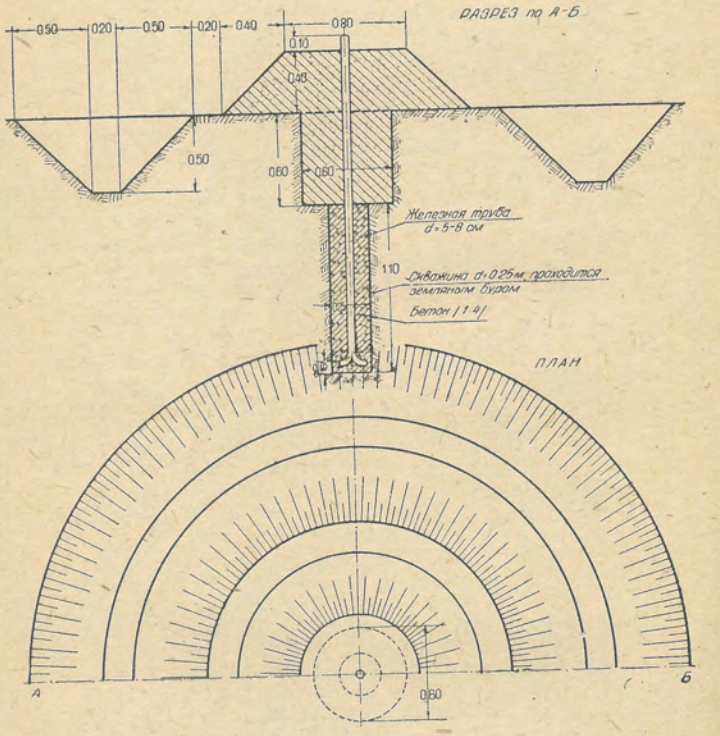


Рис. 17.

Для установки репера земляным буром $d=25$ см проходится скважина глубиною 1,7—1,8 м, в которую вставляется труба с развернутым нижним концом и заливается жидким цементным раствором. Репер может и закапываться по типу рельсового. Раньше применяли завинчивающиеся чугунные репера.

В р е м е н н ы й р е п е р состоит из отрезка бревна длиной 2,1 м, толщиной не менее 0,18 м, в нижний конец которого вделана поперечина (рис. 18).

В качестве временных реперов могут быть использованы удобные для постановки рейки и расположенные вблизи нивелирного хода выступы зданий, устои мостов, подпорки телеграфных столбов, срубы колодцев, сваи, большие камни, пни толстых деревьев и др. В этом случае место постановки рейки отмечается краской с надписью порядкового номера и инициалов учреждения.

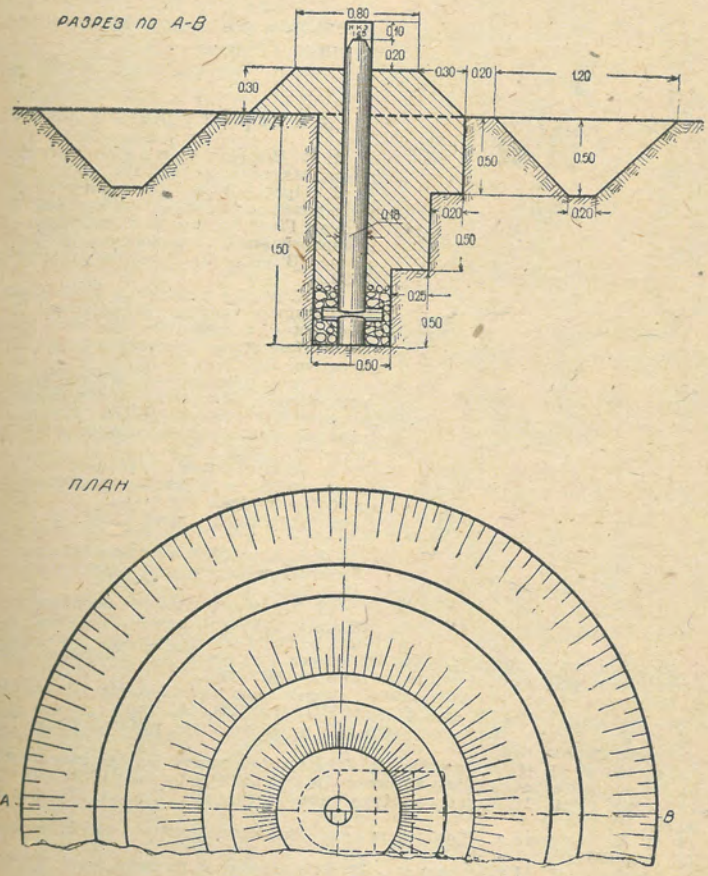


Рис. 18.

Все поставленные репера должны быть привязаны к местным предметам и зарисованы схемы их расположений с указанием привязок (рис. 19).

По окончании работ по установке реперов согласно § 8 «Инструкции по применению декрета СНК от 14 мая 1932 г. об охране геодезических

сигналов, знаков и реперов», таковые должны быть сданы на хранение местным городским или сельским советам и подлежащим учреждениям по актам с приложением к ним списков реперов.

Подробные чертежи утвержденных Госпланом СССР реперов и марок и описание их закладок помещены в «Инструкции об охране геодезических знаков», утвержденной постановлением президиума Госплана СССР от 31 марта 1933 г. № 27 как обязательной (Гос. издательство «Стандартизация и рационализация», Москва, 1933 г.).

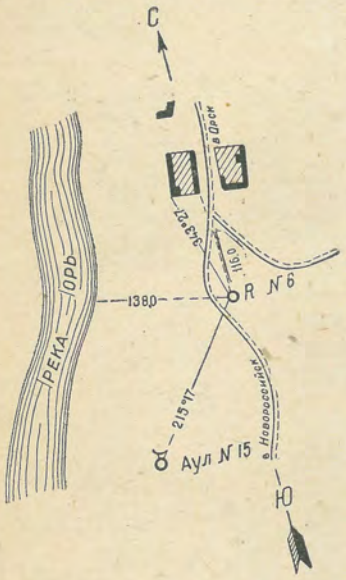


Рис. 19.

Литература к главе II

1. В. Витковский. Практическая геодезия. Издание второе, 1911.
2. Проф. В. В. Данилов. Отчет по исследованию метода точной полигонометрии. «Труды Государственного института геодезии и картографии». Главное геодезическое управление ВСНХ СССР, Госкартогеодезия, М., 1932.
3. К. М. Дерджини В. Д. Сеткли ф. Руководство по первоклассным траверсам. Перевод с английского, под редакцией проф. В. В. Данилова. 1-я картограффабрика, Ленинград, 1933.
4. Инструкция по водноэнергетическим изысканиям. Часть 1. Трест Гидроэлектропроект Главэнерго НКТП. Государственное издательство «Стандартизация и рационализация», М., 1934.
5. «Инструкция по техническому нивелированию III и IV разрядов». Составлена ГИК и К при участии представителей ГГУ и УВТ, под редакцией проф. Ф. Н. Красовского.
6. Инструкция по триангуляции I класса. Главный геодезический комитет ВСНХ СССР. М., 1928.
7. Инструкция по триангуляции II класса. Высшее геодезическое управление ВСНХ СССР. М., 1925.
8. Инструкция по триангуляции III класса. Госплан СССР. Государственное издательство «Стандартизация и рационализация», М., 1933.
9. Инструкция по геодезическому обоснованию и производству топографической съемки в масштабе 1 : 10000, изд. ГУГСК НКВД СССР, 1936 г.
10. Н. Г. Келль. Высшая геодезия и геодезические работы. Часть 1-я. Госуд. горное издательство, 1931.
11. Проф. Ф. Н. Красовский. Схема и программа государственной триангуляции. Издание Геодезического комитета ВСНХ СССР, Москва, 1928.
12. Проф. С. М. Соловьев. Курс низшей геодезии. Типолитография Ю. Вернер, М., 1914.
13. Н. А. Урмаев. Руководство по обработке триангуляций. Издание ЦВТ РККА, М., 1932.
14. Проф. А. С. Чеботарев. Дальномерная полигонометрия. Гос. технико-теорет. изд., М., 1932.
15. Проф. А. С. Чеботарев и Ф. Н. Красовский. Курс геодезии. Выпуск третий. Способ наименьших квадратов и основные геодезические работы. Гос. технико-теорет. изд., М., 1934.
16. В. И. Звонов. Геодезические координаты. Госуд. технико-теоретич. изд. 1934.
17. Инж. А. С. Юркевич. Параллактическая полигонометрия. 1935.
18. Проф. О. Г. Дитц. Геодезия для гидротехников и строителей. Ч. I, II и III изд. ОНТИ НКТП СССР.

ГЛАВА III

СЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ

§ 8. Виды съемок, применяемых при изысканиях и исследованиях

В зависимости от цели изысканий и исследований, от площади, подлежащей съемке, масштаба, срока окончания работ, от условий работ и топографии местности применяются нижеследущие виды съемок:

1) горизонтальная съемка угломерным инструментом;
2) тахеометрическая съемка
3) мензульная съемка
4) стереофотосъемка
5) аэросъемка
6) глазомерная съемка с барометрическим нивелированием.

1. Угломерная съемка

Угломерная съемка заключается в проложении замкнутых или разомкнутых ходов с измерением длин линий стальной лентой, а углов — 1′ или 30″ теодолитом и в съемке контуров местности.

Наиболее выгодными в отношении продвига работ, простоты уравновешивания и учета ошибок являются разомкнутые, почти прямолинейные хода с приблизительно равными между собой линиями.

Разомкнутые хода различаются:

а) хода между двумя пунктами триангуляции или точной полигонометрии;

б) свободные хода, которые опираются в начале хода на исходный пункт тригонометрической или полигонометрической сети, получают ориентировку начальной линии, имеют измеренными все углы между линиями хода, а в конце хода у которых измерены либо примычные углы между линиями хода, а в конце хода у которых измерены либо примычные углы к диагонали всего хода (но сама диагональ не измерена), или в конце хода определены истинные азимуты конечных линий;

в) совершенно свободные хода аналогичные предыдущим, но без связующих определений в конце хода.

а) **Измерение длин линий** производится 20-метровой стальной лентой. В замкнутых ходах линии измеряются с поверкой по дальномеру один раз, а в висячих (свободных) два раза. В процессе измерения линий измеряются углы наклонов для приведения измеренных линий к горизонту по формуле:

$$x = d_1 - d = 2d \sin^2 \frac{\alpha}{2},$$

где d_1 — измеренная линия, d — горизонтальное проложение ее, а α — угол наклона.

Перед работой лента должна быть прокомпарирована и иметь паспорт. Поправка за длину ленты вводится в длины измеренных линий.

Между двумя измерениями линий расхождения не должны превышать нижеследующих величин:

Характеристика местности	Расхождения в метрах для расстояний:				
	100 м	200 м	300 м	400 м	500 м
1. Для благоприятной местности	0,06 м	0,09 м	0,11 м	0,13 м	0,17 м
2. Для средней местности	0,08	0,12	0,14	0,17	0,23
3. Для неблагоприятной местности	0,10	0,15	0,17	0,20	0,25

При измерении длин линий ведется абрисная книжка.

б) **Углы на поворотах хода** измеряются 1′ или 30″ теодолитом при двух положениях круга, причем при переводе трубы через зенит делается перестановка лимба на 90°. Обычно измеряются углы, вправо по ходу лежащие. При измерении углов на коротких линиях особое внимание должно быть обращено на тщательность центрировки теодолита над вершиной угла. Невязка в углах сомкнутого полигона вычисляется по формуле:

$$v = \sum_1^n \beta - 180^\circ\,(n-2);$$

невязка в углах разомкнутого хода вычисляется по формуле:

$$v = \sum_1^n \beta - 180^\circ n + (T_0 - T_{n+1}),$$

где n — число углов в ходе, считая в разомкнутом ходе и оба примычных угла, $\sum_1^n \beta$ — сумма углов, вправо по ходу лежащих, T_o и T_{n+1} — дирекционные углы исходной и примычной линий, между которыми проложен ход. Допускаемая невязка в углах при измерении углов одноминутным теодолитом должна быть меньше $1',5\sqrt{n}$, где n число углов хода.

в) **Съемка ситуации местности,** уреза воды в реках и озерах, разных предметов местности и населенных пунктов производится:

1) полярным способом;
2) способом засечек;
3) способом промеров с вехи на веху.

г) **Вычисление приращений координат** производится по таблицам Гаусса или по пятизначным таблицам логарифмов.

Невязка в приращениях координат вычисляется по формулам:

$$F_y = [\Delta y] - (y_2 - y_1);\quad F_x = [\Delta x] - (x_2 - x_1),$$

а линейная невязка в ходе — по формуле:

$$F = \pm\sqrt{F_y^2 + F_x^2}.$$

Невязка в приращениях координат распределяется пропорционально длинам хода.

При наличии узловых точек уравновешивание ходов производится или способом эквивалентной замены или методом узловых точек *.

* См. инструкцию по геодезическому обоснованию и производству топографической съемки в м. 1 : 10 000, изд. ГУГСК НКВД, 1936 г.

Относительная ошибка в ходах не должна превышать:

при измерении линий 20-м стальной штриховой лентой, а углов 30″ теодолитом — 1 : 5 000;

при измерении линий 20-м стальной лентой, а углов 1′ теодолитом при благоприятных уловиях измерения линий и углов 1 : 2 500, а при неблагоприятных — 1 : 1 500.

д) **Вычисление координат вершин хода** производится по известным формулам:

$$\text{Точки } P_{n+1}\begin{cases} X_{n+1} = X_1 + \sum_1^n \Delta x \\ Y_{n+1} = Y_1 + \sum_1^n \Delta y. \end{cases}$$

Вес координат точки P_{n+1} равен $r = \frac{1}{\sum_1^n l}$, если принять за единицу веса координату конца хода, периметр которого равен единице длины. За единицу длины при вычислениях весов обычно берут 100 м.

Вычисления дополнительных пунктов, получаемых прямой засечкой не менее как с трех точек хода под углами при определяемой точке не менее 30°, производятся после уравновешивания ходов.

Вероятнейшее значение координат определяемой точки вычисляется по формулам:

$$X_0 = \frac{x_1p_1 + x_2p_2 + \ldots + x_np_n}{p_1 + p_2 + \ldots + p_n};$$

$$Y_0 = \frac{y_1p_1 + y_2p_2 + \ldots + y_np_n}{p_1 + p_2 + \ldots + p_n},$$

где $p_1 = \sin^2\alpha_1$; $p_2 = \sin^2\alpha_2$; .... $p_n = \sin^2\alpha_n$;

α_1, α_2 ..... α_n — углы при определяемой точке.

е) **Применение съемки.** При водных изысканиях и исследованиях горизонтальная съемка угломерным инструментом применяется лишь в комбинации с нивелировками разных точностей при дополнительных обоснованиях мензульных съемок в крупных масштабах (1 : 5 000 и крупнее), при разного рода трассировках (каналов и т. п.), при съемках рек для построения продольного профиля реки, при железнодорожных и шоссейных изысканиях и т. п. случаях.

2. Тахеометрические съемки

При тахеометрической съемке определяются методом полярных координат положения и превышения характерных точек земной поверхности, на основании которых составляется план местности с изображением рельефа горизонталями.

а) **Основы съемки.** Тахеометрическая съемка требует меньшей затраты времени на полевую работу и большей затраты времени и труда на составление плана. Одновременно с полевой работой необходимо организовать и камеральную обработку материала.

Тахеометрическая съемка производится в масштабах 1 : 10 000, 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 и даже иногда 1 : 500.

Планово-высотным обоснованием ее служат тригонометрическая и полигонометрическая сети, полигонометрия VI класса или оптическая полигонометрия и технические нивелировки III и IV разрядов. Опорных тригонометрических пунктов на планшете должно быть от 4 до 6. Тахеометрические съемки производятся с помощью повторительных 30-секундных или одноминутных теодолитов с вертикальным кругом той же точности с увеличением трубы около 25, с ценою деления уровня на трубе $\mu=20''$ в тахеометре «Геодезия» и $30''$ — в тахеометре «Геофизика» и с ценою деления уровня при алидаде вертикального круга в тахеометре «Геодезия» $\mu=30''$ и в тахеометре «Геофизика» $\mu=15''$.

При тахеометрических работах употребляются или специально изготовленные рейки американского типа со шкалой в виде равнобедренных треугольников с основаниями на черной стороне рейки в 50 мм и на красной — 55 мм или обыкновенные дальномерные рейки, применяемые при крупномасштабных мензульных съемках с сантиметровыми делениями отдельных частей реек. Рейка американского типа может быть изготовлена из алюминиевых пластин полуметровой длины с нанесением на них вышеуказанных делений, которые привинчиваются к деревянному бруску длиной 4,05 м, шириной 5 см и толщиной—4 см.

б) **Определение расстояний.** Расстояния от точек стояний с инструментом (со станций) до реечных точек (до пикетов) определяются с помощью дальномера по формуле: $S=kl+c$, где k — коэфициент дальномера, l — часть рейки, заключающаяся между проекциями крайних дальномерных нитей и c — постоянная величина, равная в трубе с обыкновенной фокусировкой сумме расстояний, измеренных по верху трубы от объектива до сетки нитей при наведении трубы на возможно отдаленный предмет и от объектива до горизонтальной оси вращения трубы. В теодолитах же с внутренней фокусировкой величина c не выходит из пределов 0,1 м. Для удобства вычислений расстояний механики стремятся сделать коэфициент дальномера труб с обыкновенной фокусировкой $k=100$. В тахеометрах, где k не равно 100, вычисление расстояний производится по формуле:

$$s=kl+c=(100+Z)\,l+c=100l+Zl+c,$$

где $Z=k-100$; обозначив $Zl+c=\Delta$ получим:

$$c=100l+\Delta.$$

Для Δ надо составить таблицу по аргументу $100l$ и c.

Приведения к горизонту взятых по дальномеру расстояний трубами с обыкновенной фокусировкой при углах наклона до 20° вычисляются по формуле:

$$S=(kl+c)\cos^2\alpha,$$

а взятых трубами с внутренней фокусировкой — при всяком наклонном луче вычисляются по формуле:

$$S=(100l+\Delta)\cos^2\alpha.$$

Средняя ошибка определения расстояния по дальномеру при увеличении трубы $\nu=25$ равна 1 : 400, а при увеличении $\nu=30$—около 1 : 500.

в) **Определение коэфициента дальномера.** Коэфициент дальномера должен быть определен самым тщательным образом, так как от точности его определения зависит и точность дальномерно определенных расстояний.

Из вышеприведенной формулы $S=kl+c$ мы находим $k=\frac{S-c}{l}$. Для определения коэфициента k на местности выбирают горизонтальную линию, на которой от точки стояния с инструментом вперед по линии откладывают величину c, а затем от этой новой точки по выбранной линии стальной лентой измеряют расстояния равные 50, 100, 150 и 200 м*; далее с помощью дальномера теодолита делают по нескольку отсчетов по рейке с сантиметровыми делениями, устанавливаемой последовательно на 50, 100, 150, 200 м от точки, находящейся в расстоянии C от проекции горизонтальной оси. Полученные результаты обрабатывают нижеследующим образом:

$s-c$ в м	Отсчеты по рейке в метрах				$\frac{100\,l}{s-c}=\frac{100}{k}$	v	v^2
	I	II	III	Среднее			
50	0,502	0,501	0,502	0,5013	1,0027	—4	16
100	1,002	1,001	1,003	1,0020	1,0020	+3	9
150	1,503	1,504	1,502	1,5030	1,0020	+3	9
200	2,005	2,007	2,003	2,0050	1 0025	—2	4
Сумма . .	—	—	—	—	4,0092	0	38

$$\frac{100}{k}=1{,}0023.$$

Средняя ошибка одного определения k равна $m=\pm\sqrt{\frac{38}{3}}=\pm\sqrt{12{,}67}=\pm 3{,}6$ единиц четвертого десятичного знака или $m=\pm 0{,}00036$.

Средняя квадратическая ошибка общего определения $K=\frac{m}{\sqrt{4}}=\pm 0{,}00018$; таким образом:

$$\frac{100}{k}=1{,}0023\pm 0{,}0004,$$

или

$$k=99{,}76\pm 0{,}02.$$

На определение постоянных k, c и Δ (в трубах с внутренней фокусировкой $\Delta=\delta_m+d$, где $\delta=D-100l$, δ_m — среднее из всех δ, и d — расстояние между оправой объектива и горизонтальной осью трубы) должно быть обращено особое внимание, в особенности при съемках для составления планов в масштабах 1 : 2 000; 1 : 1 000 и 1 : 500. Только при этом условии можно получить хорошие результаты полевых измерений.

г) **Превышения точек** при угле наклона до 20° вычисляются по формуле:

$$h_1=\frac{1}{2}(kl+c)\sin 2\alpha;$$

* Иногда берут не кратные, а произвольные расстояния, которые точно измеряются по окончании отсчетов по рейкам. Это делается в целях большей объективности отсчетов по рейке.

в этом случае поправки за наклон линий вычисляются по формуле:

$$\Delta S = (kl + c)\sin^2\alpha = S.\sin^2\alpha.$$

Для вычислений обыкновенно пользуются таблицами Дробышева, Тугулова, Филоненко и Беликова и др.

Превышения над точкой стояния с инструментом (над станцией) вычисляются по формуле:

$$h = h_1 + i - l + f,$$

где i — высота инструмента, l — высота наблюдаемой точки над землей, f — поправка за кривизну земли и за рефракцию.

Если же высота точки наблюдений над землей не известна, превышение этой точки над станцией вычисляется по формуле:

$$h = h_1 + i + f.$$

$$h_1 = s\operatorname{tg}\alpha.$$

В обеих вышеприведенных формулах h_1 может вычисляться по таблицам Савицкого, по графикам и номограммам (например Бурченкова).

При тахеометрической съемке предельное расстояние рейки от инструмента зависит от масштаба и при увеличении трубы v-25 принимается следующее:

Масштаб съемки	При съемке подробностей с определенными контурами	При съемке подробностей с не вполне определенными контурами
1 : 1 000	50 м	100 м
1 : 2 000	80 »	150 »
1 : 5 000	150 »	300 »
1 : 10 000	200 »	400 »

д) **Съемка местности.** Наиболее ответственной частью тахеометрической съемки является выбор реечных точек и ведение кроки, почему она должна выполняться опытным производителем работ. Кроки должны давать наглядное представление о форме снимаемых контуров местности, о направлении лощин, хребтов, скатов, о вершинах, седловинах, котловинах и т. п.

Кроки ведутся на отдельных листах белой бумаги, прикрепленных к папке с компасом. Для каждой станции полагается отдельный лист. Сбоку листа должно быть прочерчено направление магнитного меридиана. Станции нумеруются римскими цифрами, а пикеты на каждой станции порядковым номером арабскими цифрами начиная с единицы.

При выборе реечных точек для рисовки рельефа надлежит руководствоваться следующими правилами.

1. В гористой и холмистой местности съемку начинают с уреза воды (записывая день и час взятия горизонта воды), с подошв падающих скатов, с гребней скатов, с оврагов, тальвегов и т. д. и заканчивают съемкой скатов и водораздельных линий.

2. В широких долинах рек съемку предпочтительнее вести по поперечникам, т. е. по линиям, перпендикулярным к течению реки или к долине; в этом случае будут отражены все существенные подробности рельефа поймы, как-то: террасы, староречья, береговые валы и т. п.

3. Реечные точки должны быть взяты так, чтобы по ним можно было составить профиль по линии наибольшего уклона местности.

4. Реечные точки должны быть взяты в необходимом количестве для правильного изображения рельефа; наибольшее расстояние между двумя точками однородного ската не должно превышать 1—2 см на плане в зависимости от масштаба плана и характера местности.

Подсчет прямых и обратных превышений в ходах, сравнение длин линий, определенных дальномером по рейке в прямом и обратном направлениях, производятся обязательно в поле.

е) **Точность работ.** Средняя относительная ошибка одиночного замкнутого тахеометрического хода при $m_\beta = \pm 1'$ и $m_s = 1:400$ подсчитывается по формулам:

$$\frac{M}{L} = 10^{-4}\sqrt{\frac{625}{n} + 0{,}21\,n}$$ — для круглого замкнутого хода

и $$\frac{M}{L} = 10^{-4}\sqrt{\frac{625}{n} + 0{,}18\,n}$$ — для хода произвольной формы при $n > 10$.

В приведенных формулах n — число звеньев хода, M—линейная невязка, L — длина хода.

Средняя ошибка в превышении на 1 км хода не должна превышать для одностороннего нивелирования $\pm 0{,}20$ м и для двустороннего $\pm 0{,}14$ м.

Средняя квадратическая ошибка тахеометрического хода определяется по формуле:

для одностороннего нивелирования

$$M_h = \pm 0{,}20\sqrt{L \cdot S},$$

а для двустороннего

$$M_h = \pm 0{,}14\sqrt{L \cdot S},$$

где L — длина всего хода в километрах; $S = \frac{L}{n}$, т. е. среднее расстояние линии хода в километрах, а n — число линий в ходе.

ж) **Обработка полевого материала.** Координаты тахеометрического хода вычисляются с точностью до 0,01 м. При построении плана отсчитанные по рейке расстояния необходимо исправить за наклон линий на местности.

Накладка полевого материала при тахеометрических съемках в масштабе 1 : 5 000, 1 : 2 000 и 1 : 1 000 производится на планшетах в рамках квадратной формы: со сторонами в 50 см для масштабов 1 : 2 000 и 1 : 1 000 и 40 см для масштаба 1 : 5 000; углы рамок планшета м. 1 : 5 000 должны быть даны и в географических координатах; при съемке же для масштаба 1 : 10 000 накладка полевого материала производится в рамках трапеции с размерами в 2′,5 дуги по меридиану и в 3′,75 по параллели; вершины углов трапеций должны быть даны и в прямоугольных координатах Гаусса-Крюгера (по таблицам Дмитриева и Утянского, прил. к инстр. м.1 : 10 000, изд. 1933 г.).*

Составление плана по полевым материалам тахеометрической съемки включает следующее:

а) обработку журналов планово-высотной опорной сети, вычисления координат и высот опорных пунктов съемки;

* При отсутствии привязки к государственным тригонометрическим сетям, съемки участков меньше 100 км² разрешается производить в квадратных рамках размером 50×50 см.

б) обработку журналов тахеометрической съемки и вычисление высот реечных точек;

в) разбивку прямоугольной сетки координат на планшетах и нанесение опорных пунктов и линий ходов;

г) нанесение по координатам на планшет в требуемом масштабе всех станций;

д) накладку пикетных точек и ситуации с кроки,

е) проведение горизонталей по нанесенным высотным точкам.

Составленный в карандаше план должен быть по возможности проверен непосредственно в поле, а затем вычерчен по утвержденным условным знакам тушью.

3. Мензульная съемка

При изысканиях и исследованиях мензульная съемка чаще всего производится в масштабах 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000, 1 : 5 000, 1 : 2 000 и 1 : 1 000, причем съемка в масштабе 1 : 50 000 считается государственной съемкой и производится ГУГСК НКВД, а в остальных масштабах считаются ведомственными съемками, которые производятся для разных целей народного хозяйства.

А. Съемка в масштабах 1 : 10 000 и 1 : 5 000

Наиболее распространенным видом съемок при исследованиях и изысканиях являются мензульные съемки в масштабах 1 : 10 000 и 1 : 5 000.

а) **Рамки планшетов.** Мензульная съемка в масштабе 1 : 10 000 ведется в рамках трапеций, имеющих размеры 2′30″ дуги по долготе и 3′45″ по широте; географическое положение рамок каждого планшета определяется установленной номенклатурой.

По разрешению ГУГСК НКВД эта съемка может производиться в квадратных рамках со стороной в 50 см в системе координат трехградусной зоны, но при этом обязательно должны быть нанесены выходы минут по широте и по долготе. Съемка в масштабе 1 : 5 000 производится в квадратных рамках размером 40×40 см.

Положение квадратных рамок устанавливается номенклатурой, общей для всех изысканий, которая состоит из: а) осевого меридиана, б) прямоугольных координат юго-западного угла рамки планшета в километрах и в) масштаба съемки; так, например:

$$51° + 6\,300 + 20,\ \text{м. } 1 : 10\,000,$$

где 51° есть осевой меридиан трехградусной зоны, а 6 300 и 20—координаты X и $У$ в км юго-западного угла рамки планшета.

При съемках в квадратных рамках на планшетах д. б. даны значения прямоугольных и географических координат вершин углов рамки.

б) **Опорные пункты.** На каждый полный съемочный планшет должно быть дано от 4 до 6 опорных пунктов, причем этими пунктами могут быть:

1) в местности открытой — пункты триангуляции I, II и III класса и определенные с них тригонометрические пункты IV класса;

2) в местности полузакрытой — пункты триангуляции V класса;

3) в местности закрытой — пункты полигонометрических ходов и пункты оптической полигонометрии, проложенной между пунктами триангуляции или полигонометрии.

Для высотного обоснования съемки на каждый планшет должно быть дано не менее трех пунктов, определенных технической нивелировкой; в равнинной же местности должно быть дано не менее четырех пун-

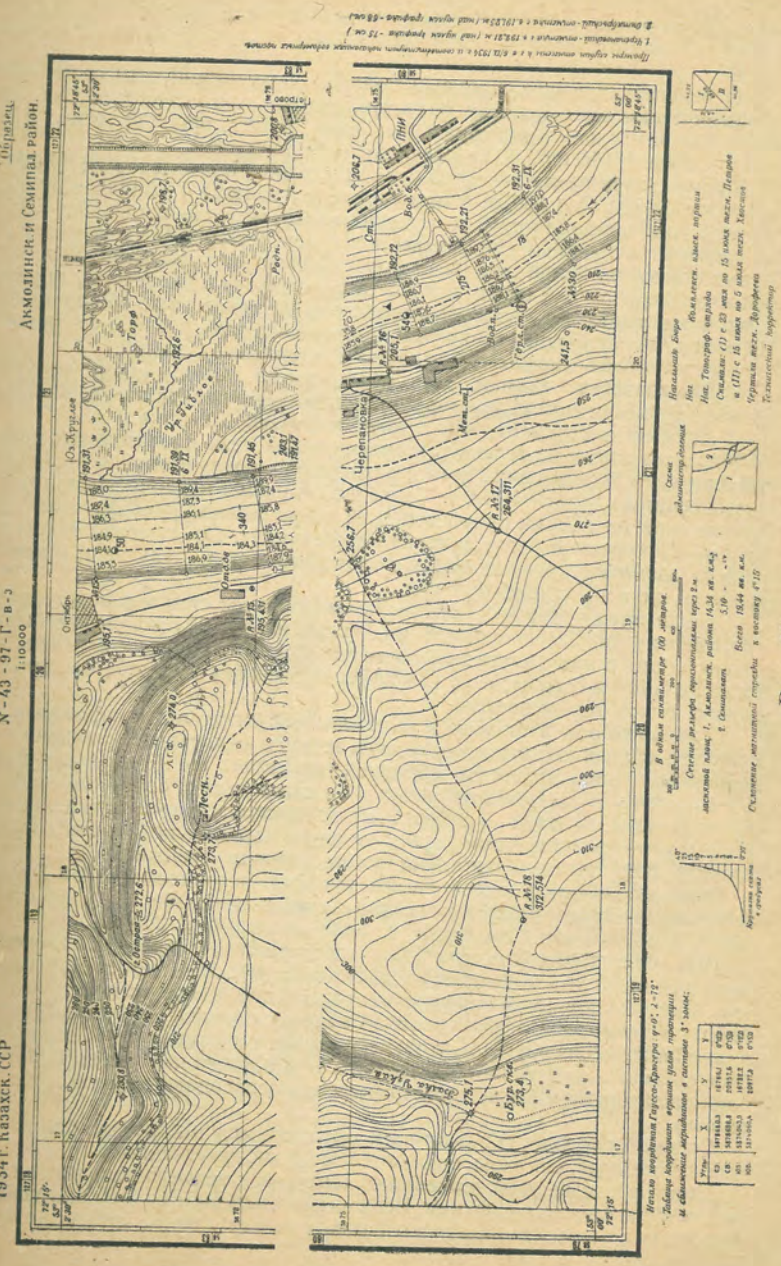


Рис. 20.

ктов, равномерно расположенных на планшете. Дальнейшая передача высот на опорные пункты сети производится геодезическим нивелированием.

На основе триангуляционной и полигонометрической сети составляется геометрическая сеть с таким расчетом, чтобы при съемке в масштабе 1 : 10 000 на 1 км² приходился бы один пункт опорной сети, а при съемке в масштабе 1 : 5 000 — 4 пункта опорной сети.

Длины сторон геометрической сети при съемке в масштабе 1 : 10 000 колеблются от 800 до 1 200 м, а при съемке в масштабе 1 : 5 000 — от 500 до 800 м. Точки геометрической сети должны быть получаемы не менее как тремя прямыми и обратными засечками под углом не менее 40° и не более 140°. Пункты геометрической сети на местности обозначаются вехами. Для надежной планово-высотной связи планшета с соседними планшетами, за каждой рамкой планшета должно быть определено не менее двух общих пунктов. На всех пунктах триангуляционной, полигонометрической и геометрической сети должно быть определено склонение магнитной стрелки.

в) **Производство съемки.** Для производства съемки кроме мензулы и кипрегеля необходимы двусторонние дальномерные рейки в количестве 2—3 штук на инструмент, как в тахеометрической съемке.

Передача высот на пунктах геометрической сети производится кипрегелем при двух положениях круга. Расхождения между прямыми и обратными превышениями допускаются не более 0,03 м на 100 м. Допускаемая невязка в полигонах не должна превышать 0,60 м при сечении рельефа через 2,0 м и 0,30 м—при сечении рельефа через 1 м по высоте. Превышения точек, полученных засечками, определяются с трех ближайших пунктов и в исключительных случаях с двух пунктов.

Съемка производится со всех опорных пунктов сети и с переходных точек, взятых с них. Переходные точки берутся на местах, наиболее удобных для производства с них съемки подробностей. Точность определения переходных точек не должна быть меньше графической точности масштаба съемки. Переходные точки определяются:

а) дальномером в прямом и обратном направлениях с прочерчиванием ориентировочной линии на переходную точку; в этом случае положение определяемой точки поверяется обратной засечкой на ближайшие пункты; б) решением задачи Потенота и в) в равнинных местах при положении точки в створе двух пунктов — измерением расстояния лентой или дальномером в прямом и обратном направлении от ранее определенной точки с поверкой правильности определения точки по ближайшим пунктам.

Расстояния между переходными точками, в зависимости от сложности рельефа и контуров, могут быть при съемке в масштабе 1 : 10 000 от 150 до 400 м, а при съемке в масштабе 1 : 5 000 — от 100 до 200 м.

При расстояниях больших 200 м расстояния до переходных точек определяются по частям и поверяются обратными засечками по ближайшим пунктам. При дальномерном определении расстояний до переходных точек кипрегелем с обыкновенной фокусировкой надо прибавлять постоянную величину c (приблизительно 0,5 м). Высоты переходных точек получаются из вычисленных средних превышений из прямого и обратного наблюдений или с трех ближайших пунктов сети (при определении переходной точки по способу Потенота).

Съемка подробностей местности производится инструментально. Иногда неопределенные контуры снимаются полуинструментально.

Число реечных точек для съемки контуров и рельефа находится в зависимости от сложности последних. Все снятые контуры и рельеф при условии их видимости с точки стояния зарисовывают на ватмане, не сходя с точки стояния. Расстояние до реечных точек должно быть не более 200 м при съемке в масштабе 1 : 10 000 и 150 м — в масштабе 1 : 5 000.

Реечные высотные точки берутся в характерных местах рельефа, как-то: на вершинах, седловинах, хребтах, лощинах, у подножий скатов, на точках перегибов скатов, в низинах, на краях обрывов и т. п.

Сечение рельефа принимается в зависимости от цели изысканий и рельефа местности. Нормальным сечением рельефа для съемки в масштабе 1 : 10 000 считается 2 м, причем должны проводиться полугоризонтали кратные пяти, а в масштабе 1 : 5 000 — 1,0 м. Для изображения характерных деталей рельефа снимаемой местности проводятся полугоризонтали. Рельеф на плане изображается горизонталями и полугоризонталями; горизонтали проводятся сплошными тонкими линиями, а полугоризонтали — прерывистыми. В пологих местностях кроме изображения рельефа горизонталями надписываются высоты характерных точек рельефа.

При составлении геометрической сети, при проложении мензульных ходов и при взятии переходных точек особое внимание должно быть обращено на правильную ориентировку мензулы и на центрировку мензулы над точкой стояния; центрировка мензулы при съемке в масштабе 1 : 10 000 делается с ошибкой не более 0,2 м, а при съемке в масштабе 1 : 5 000— 0,1 м.

г) **Точность съемки.** Допускаемая невязка по высоте для ряда переходных точек между двумя опорными пунктами и инструментального хода определяется по формуле:

$$\Delta h = m_h \sqrt{Pd}.$$

где m_h — предельная километровая ошибка в превышениях, P — длина хода в км; $d = \frac{P}{n}$, где n—число сторон хода. Величина m_h берется в зависимости от углов наклона линий хода α:

при $\alpha < 5°$ $m_h = 0{,}4$
» α от 5 до 7° $m_h = 0{,}6$
» $\alpha > 7°$ $m_h = 0{,}8$.

Длина инструментального мензульного хода между опорными пунктами не должна превышать при съемке в масштабе 1 : 10 000 при ориентировании планшета по направлениям — 3 км и в масштабе 1 : 5 000—1 км.

Для м. 1:5 000 длины сторон хода должны быть от 150 до 250 м и измеряются лентой. При съемке резко пересеченной местности может быть допущено определение длин линий путем двукратного отсчета по дальномеру.

Линейная невязка в мензульных ходах не должна превышать величины, подсчитанной по формуле:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{10^4}\sqrt{\frac{4\,000}{n} + 8n + 24},$$

где n — число сторон хода.

Предельная погрешность в нанесении контуров местности на планшет устанавливается:

а) с ясно выраженными и определенными границами при съемке в масштабе 1 : 10 000 — не свыше 5 м и в масштабе 1 : 5 000—1 м;

б) с неясно выраженными границами при съемке в масштабе 1 : 10 000— 10 м и в масштабе 1 : 5 000— 5 м.

Предельные ошибки в нанесении горизонталей устанавливаются следующие:

Углы наклона	Сечение 2 м	Сечение 1 м	Сечение 0,5 м
0— 1°	0,50 м	0,35 м	0,25 м
1— 3°	0,50 »	0,50 »	0,35 »
3— 5°	0,70 »	0,70 »	0,50 »
5—10°	1,00 »	—	—

При сечении в 1 м и 0,5 м в местах с наклоном свыше 5° горизонтали проводятся через 2 м.

При местности со средним углом наклона более 10° число горизонталей должно соответствовать разности высот.

Для лучшей сводки соседних планшетов между собою съемка должна быть продолжена за рамками на 5 мм на планшете теми же методами и с той же точностью, как съемка территории, расположенной внутри рамок планшета.

При производстве съемок в м. 1 : 10 000 надлежит руководствоваться инструкцией по геодезическому обоснованию и производству топографической съемки в м. 1 : 10 000, изд. 1936 г., а в м. 1 : 5 000 — технической инструкцией по съемкам крупного масштаба, изд. 1935 г. При вычерчивании съемок надлежит руководствоваться инструкцией по камеральной обработке планшетов топографических съемок, изд. 1933 г.

Б. Мензульные съемки в масштабах 1 : 2 000 и 1 : 1 000

Мензульные съемки в масштабах 1 : 2 000 и 1 : 1 000 имеют своей целью получение топографических планов, удовлетворяющих всем требованиям для проектирования различного рода инженерных сооружений и для разбивки запроектированных сооружений и зданий на местности.

а) **Опорная сеть на планшетах.** Мензульные съемки производятся исключительно в рамках квадратной формы со сторонами 50 см, причем на планшетах выписываются прямоугольные координаты вершин углов рамки и географические координаты начала прямоугольных координат. Номенклатура планшетов слагается из наименования осевого меридиана зоны, координат юго-западного угла рамки планшета и масштаба съемки. Обоснованием съемок служат:

1) в плане—пункты триангуляционных сетей V и VI классов и полигонометрические хода, прокладываемые между триангуляционными пунктами;

2) по высоте — репера и марки нивелирных сетей II, III и IV разрядов.

Триангуляционные сети V и VI классов прокладываются или на основе сетей высших классов, или самостоятельно.

Одновременно с проложением триангуляционных сетей определяются прямыми и обратными засечками дополнительные тригонометрические пункты.

На каждом планшете должно быть дано от 4 до 5 тригонометрических пунктов. Сгущение сети производится полигонометрическими ходами. Длины полигонометрических ходов должны быть не больше 1 км для съемки в масштабе 1 : 2 000 и 0,5 км для съемки в масштабе 1 : 1 000 при средней длине линий порядка 250 м.

При измерении углов 30″ теодолитом длина ходов увеличивается в два раза.

Всего аналитически определенных планово-высотных точек совместно с тригонометрическими пунктами должно приходиться на 1 кв. км съемки: а) в масштабе 1:2 000 — одна опорная точка в среднем на 4 га и б) в масштабе 1:1 000 — одна опорная точка в среднем на 1 га. Направления на переходные точки определяются помощью кипрегеля и прочерчиваются по

скошенному краю линейки. Расстояния до переходных точек измеряются стальной лентой. Переходные точки поверяются при помощи обратных засечек на определенные пункты.

Мензульные хода должны подчиняться следующим условиям:

а) для м. 1:2 000 — предельная длина хода 400 м при двух переходных точках, с обязательным измерением линий стальной лентой и поверкой их по дальномеру кипрегеля; длина линий от 100 до 200 м;

б) для м. 1:1 000 предельная длина дополнительных ходов устанавливается в 200 м при одной переходной точке и при обязательном измерении линий стальной лентой с поверкой по дальномеру кипрегеля.

Переходные точки в открытой местности могут определяться промерами стальной лентой в створе между любыми опорными пунктами.

б) **Триангуляция**. Основные пункты триангуляций V и VI классов обозначаются на местности пирамидами из тонких бревен, а дополнительные — вехами.

Триангуляционные пункты V и VI классов закрепляются на местности двойными центрами. Внутренний центр делается из бетона в форме параллелепипеда размером 0,3×0,3×0,2 м. Если центром служит валун, то после закладки его в яму необходимо залить его цементным раствором. На верхней плоскости внутреннего центра прочерчиваются две пересекающиеся диагонали, точка пересечения которых служит маркой. Внутренний центр покрывается слоем забутовки толщиной не менее 0,10 м, на которой ставится деревянный столб длиной 1,5 м и толщиной не менее 15 см; столб устанавливается над внутренним центром на глубину 1 м и возвышается над землей на 0,5 м. Вокруг столба насыпается курган, поверхность которого обкладывается дерном или камнями. Наружный центр обозначается гвоздем, вбитым в центр верхней плоскости столба. Наружный и внутренний центры должны находиться на одной вертикальной линии. Вехи, как правило, устанавливаются вплотную к столбу с северной стороны.

При проложении самостоятельных триангуляционных сетей измеряются базисы длиной от 1 до 3 км в сетях V класса и до 1 км — в сетях VI класса.

Ошибка измеренного базиса должна быть не более 1 : 25 000.

Для ослабления ошибок геометрической связи на точность определения длин сторон в сети триангуляции V и VI классов, проложенной в виде цепи, необходимо через 12—15 треугольников измерять контрольные базисы.

Базис измеряется 20-м ниварной или стальной шкаловой прокомпарированной лентой или стальными проволоками (§ 4, п. 3). Измерение базиса производится по секциям по 200 м в прямом и в обратном направлениях.

Окончательная длина базиса вычисляется по формуле:

$$S = nl \pm \Sigma(\Pi \pm 3) + \Delta S_t - \Sigma \frac{h^2}{2l} - \frac{HS_0}{R} + r + \Delta r_t - \Delta r_h + \Delta S,$$

где: S — окончательная длина базиса;

n — число пролетов;

l — длина ленты по данным компарирования;

$\Pi \pm 3$ — отсчеты по шкалам переднего и заднего концов ленты;

$\Delta S_t = lk\Sigma(t - t_0)$ — поправка за разность температуры ленты при измерении базиса и при компарировании ленты, κ — коэфициент расширения металла, из которого сделан мерный прибор. Для стальных лент $\kappa = 0{,}000011$, а для стальных проволок 0,000008;

$\Sigma \frac{h^2}{2l}$ — поправка за наклон базиса;

$\frac{HS_0}{R}$ — поправка за приведение базиса к уровню моря;

r — остаток базиса;

Δr_t — поправка за разность температур стальной рулетки при измерении остатка и при компарировании ее.

Δr_h — поправка за наклон остатка базиса;

$\Delta S = S\frac{y^2}{2R^2}$ — поправка за редуцирование длины базиса на плоскость проекции Гаусса-Крюгера;

кроме того вводится поправка за провес ленты или части ее по формуле $\Delta l_b = \frac{8}{3}\cdot\frac{b^2}{a}$, где b — стрелка провеса, a — длина провисшей части ленты.

Относительная ошибка измерения базиса вычисляется по формуле:

$$M = \frac{\Delta}{S},$$

где

$$\Delta = \frac{S_1 - S_2}{\sqrt{2}},$$

S_1 — длина базиса в прямом направлении, а S_2 — в обратном направлении.

При измерении углов по способу круговых приемов средняя квадратическая ошибка определяется по формулам:

$$m = \pm\sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}$$

$$M = \pm\sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}},$$

где m — средняя квадратическая ошибка направления из одного приема, а M — средняя квадратическая ошибка направления из n приемов, v — уклонения от средних значений направлений, а n — количество приемов.

При измерении углов по способу повторений средняя квадратическая ошибка измеренного угла определяется по формуле:

$$M = \pm\frac{1}{2p}\sqrt{\frac{\sum\delta^2}{n-1}};$$

причем

$$\delta = d - q;\ d = L - R;$$

$$q = \frac{\sum d}{n},$$

где p — число повторений, n — число углов, d — разность между p кратным углом при круге «лево» и при круге «право», q — систематическая ошибка. Средняя квадратическая ошибка измерения угла в базисной сети не должна превышать $\pm 5''$, в триангуляции V класса $\pm 8''$ и в триангуляции VI класса $\pm 12''$. Невязки в треугольниках допускаются не свыше $0',5$ для сети V класса и $0',7$ для сети VI класса.

В свободных сетях истинные азимуты направлений базисов определяются по полярной и вспомогательной звездам по способу проф. Красовского в сетях V класса с точностью $20''$ и в сетях VI класса — с точностью $30''$.

в) **Полигонометрические хода.** В местах закрытых, залесенных тригонометрическую сеть следует заменять полигонометрией V кл., которая должна

иметь по возможности прямолинейную форму с длинами сторон не менее 100 м.

Полигонометрические пункты закрепляются на местности забетонированными трубками или другими знаками сообразно с местными условиями. Пункты должны быть привязаны к предметам местности путем соответствующих замеров. Линии хода измеряются дважды стальными проволоками или стальной штриховой лентой по башмакам или по кольям с натяжением ее, равным натяжению при компарировании. Конец ленты отмечается штрихом.

Углы измеряются 30-секундным теодолитом одним приемом и четырьмя повторениями.

Средняя ошибка измеренного угла д. б. не больше $\pm 5''$, относительная ошибка хода 1:8 000, предельная длина хода при обеспечении съемок м. 1:5 000 — 8 км, м. 1:2 000 — 4 км и м. 1:1 000 — 2,5 км. Сеть может опираться на пункты триангуляции III и высших классов и на полигонометрию высшего класса.

Окончательная длина линии определяется по формуле:

$$d = nl_o + kl_o(\Sigma t - nt_o) - \Delta\alpha + n\Delta l + r + kr(t_r - t_o) + \Delta r,$$

где: d — окончательная длина линии;

l — номинальная длина ленты или проволоки (обычно 20 м);

n — число уложений ленты или проволоки;

k — коэфициент расширения стальных лент, равный 0,000011 на 1° С;

t — температура ленты или проволоки при измерении;

t_o — температура ленты или проволоки при компарировании;

$\Delta\alpha$ — поправка за наклон всей линии;

Δl — поправка к номинальной длине ленты;

Δr — поправка к соответствующей длине рулетки, которой измерялся остаток.

Уравновешивание сети производится методом узловых точек или Попова. Вычисление производится в прямоугольной системе координат Гаусса-Крюгера.

г) **Теодолитные хода** (полигонометрия VI класса). Теодолитные хода прокладываются примерно на расстоянии 0,25 км друг от друга для съемки в масштабе 1 : 2 000 и 0,15 км — для съемки в масштабе 1 : 1 000. Опираются они на пункты триангуляции и полигонометрических ходов.

Длина теодолитного хода должна быть не больше 1 км при съемке в масштабе 1 : 2 000 и 0,5 км — при съемке в масштабе 1 : 1 000. Через 100 м. на ходах забиваются колья, которые при съемке подробностей служат переходными точками.

В случае невозможности проложить теодолитные хода взамен их прокладывается оптическая полигонометрия.

Длины линий хода измеряются прокомпарированной стальной лентой дважды. Относительная ошибка измерения линии не должна превышать: при благоприятной местности для измерения — 1 : 3 000 и менее благоприятной — 1 : 1 500.

Поправка за наклон линии вводится, если наклон превышает 2°.

Углы в ходах измеряются $30''$ теодолитом одним полным приемом при двух положениях трубы.

Теодолитные хода уравниваются между пунктами триангуляционной и полигонометрической сети; при совместном уравнивании нескольких хо-

дов таковое производится по методу узловых точек. Предельная угловая ошибка в ходах не должна превышать $F_p = \pm\mu\sqrt{n}$, где μ — предельная ошибка измерения одного угла, равная 0′,5—0′,7, а n — число углов хода.

Вычисления теодолитных ходов производятся аналогично как и при съемках в масштабе 1 : 10 000.

д) **Высотное обоснование съемок в масштабах 1 : 2 000 и 1 : 1 000 и съемка подробностей.** Отметки пунктов тригонометрической и полигонометрической сети определяются одиночной технической нивелировкой IV разряда замкнутыми ходами; в случае невозможности образовать замкнутый ход нивелировка делается двойная. Особенно тщательно должны быть определены нивелировкою постоянные репера в районах будущих сооружений. Точки теодолитных ходов, которые не могли быть определены нивелировкой, определяются геодезическим нивелированием.

Увязка нивелирных полигонов производится упрощенным методом.

По вычислении координат пунктов тригонометрической и полигонометрической сети, теодолитных ходов и боковых пунктов и высот всех занивелированных пунктов и реперов таковые накладываются на соответствующие планшеты мензульной съемки с обязательной поверкой по расстояниям между точками.

Для производства мензульной съемки употребляются двусторонние дальномерные рейки с коэфициентом дальномера данного кипрегеля равным 100 (см. съемки в масштабе 1 : 10 000).

При съемке подробностей точками стояния с мензулой служат все определенные аналитическим путем и переходные точки. При взятии переходных точек расстояния измеряются лентой и поверяются обратными засечками с определенных ранее пунктов (в исключительных случаях могут быть определены дальномерно).

При съемке особое внимание должно быть обращено на центрировку и ориентировку планшета мензулы. При съемке в масштабе 1 : 2 000 центрировку надо производить с точностью до 5 см, а при съемке в масштабе 1 : 1 000 — с точностью до 3 см.

Подлежащие съемке контура, населенные пункты и местные предметы перечислены в технической инструкции по съемкам крупного масштаба 1 : 5 000, 1 : 2 000 и 1 : 1 000, утвержденной Государственным междуведомственным геодезическим советом в 1934 г.

При съемке контуров надлежит руководствоваться нижеследующими предельными ошибками в нанесении их:

№ по пор.	Наименование объектов съемки	При масштабе съемки 1 : 2 000	При масштабе съемки 1 : 1 000
1	При съемке строений	0,4 м	0,2 м
2	При съемке контуров с определенными границами	0,8 »	0,4 »
3	При съемке неясно выраженных контуров . .	5,0 »	5,0 »

Сечение рельефа принимается: в равнинных местах для масштабов 1 : 2 000 и 1 : 1 000—0,5 м по высоте с полугоризонталями в характерных местах через 0,25 м, в степных местах для целей орошения — через 0,25 м, в горных местах — через 1,0 м.

Горизонтали проводятся по высотным точкам, взятым на характерных местах рельефа, обязательно в поле — на точках стояний с мензулой. На кальке высот наносятся все точки опорной сети, все переходные точки и большинство реечных высотных точек, взятых в характерных местах рельефа.

Калька контуров ведется лишь при сложной ситуации угодий.

Производство съемок крупного масштаба 1 : 5 000, 1 : 2 000 и 1: 1 000 подробно изложено в технической инструкции, утвержденной Государственным междуведомственным геодезическим советом в 1934 г., изд. 1935 г.

4. Стереофотограмметрическая наземная съемка

а) **Принципы съемки.** Стереофотограмметрическая съемка имеет целью получение топографического плана сфотографированной местности в масштабах от 1 : 2 000 до 1 : 25 000, для чего необходимо, чтобы каждая часть снимаемой местности была сфотографирована дважды с концов базиса.

Основой для стереофотограмметрической съемки служат триангуляционные сети разных классов в зависимости от масштаба съемки, а в местах неудобных для проложения сетей — полигонометрические хода соответствующих точностей. На геодезическую основу в разных комбинациях опираются системы базисов и контрольные пункты; последние связываются между собой полигонометрическими ходами или определяются засечками. С концов базисов производится фотографирование объекта; контрольные пункты служат для поверки правильности положения пластинок при съемке, а также для определения величины возможных отклонений их. Контрольными пунктами служат или характерные точки местности, изображения которых на пластинах может быть получено достаточно четко, или специально устанавливаемые временные контрольные знаки, изготовляемые из фанеры или из ткани, отличающиеся друг от друга формой и рисунком для удобства их опознавания. Контрольные пункты располагаются с таким расчетом, чтобы на каждую фотопару снимков приходилось не менее трех пунктов, из которых два по возможности должны быть связующими с соседними стоянками.

Базисы разбиваются на местности, имеющей углы наклона не более 10°. Длины базисов зависят от масштаба съемки и от точности, с которой мы желаем получить значения координат точек x, y и z. С концов базиса должен быть хорошо виден объект съемки.

Измерение базисов производится различными способами — или непосредственно или оптическим способом — в зависимости от имеющегося инструментария и требуемой точности. Наиболее часто базисы измеряются оптическим методом с применением горизонтальной рейки.

б) **Фототеодолиты.** Для фотографирования снимаемой местности, определения планового положения точек стояния, высот и азимутов, для измерений горизонтальных проложений базисов и определений углов отклонений употребляются инструменты, называемые фототеодолитами. Фототеодолиты состоят из двух основных частей: из теодолита и фотографической камеры. В зависимости от сочетания их — фототеодолиты разбиваются на следующие группы:

1. Фотокамера и теодолит разделены, и работа ими может производиться одновременно двумя наблюдателями. Для установки камеры на концах базисов в рабочее положение она снабжена или трубами, визирные оси которых составляют прямой угол с оптической осью камеры (камера Герца), или приспособлением для установки оптической оси камеры к базису под определенными углами (автоколлиматор на камерах Цейсса С 3/в и С/5).

2. Фотокамера и теодолит соединены между собой. В фототеодолитах Цейсса теодолит снимается с камеры и устанавливается самостоятельно на треноге; в инструменте же Вильда камера вынимается из рамы, на которой помещен теодолит.

3. Фотокамера сама служит угломерным инструментом. В этом случае она или заменяет трубу теодолита, и углы отсчитываются по горизонтальному и вертикальному кругам, причем фотопластинка может при съемке занимать любые положения (фототеодолит Гейде), или фотокамера для измерения вертикальных углов обращается в трубу, в которой объективом служит объектив камеры, а окуляром специальные лупы у тыловой части камеры. Фотопластинка при съемке вертикальна (камера Цейсса С/4).

Возможность значительного перемещения объектива вверх и вниз от середины пластинки и больший горизонтальный картинный угол делают фотокамеру С/4 наиболее пригодной для съемок в горной местности и для обмеров архитектурных памятников.

Наиболее широкое распространение у нас имеет фототеодолит Цейсса модель С³/в:

1) фотокамера 13×18 см, f-19 см, с автоколлиматором;

2) полевое юстировочное приспособление для камеры; 48 односторонних кассет для зеркальных пластинок размером 13×18 см, в двух ящиках;

3) повторительный теодолит с тангенциальным винтом для оптического измерения расстояний;

4) три штатива в алюминиевых легких коробках;

5) три треноги с раздвижными ножками;

6) два базисных жезла для оптического измерения базисов и вообще расстояний, один длиною 1 м , а другой—3 м;

7) рекогносцировочная призма для приблизительной наметки направлений базисов при полевых работах;

8) легкий полевой зонт.

Все оборудование помещается в трех дорожных ящиках и переносится в процессе работы тремя рабочими.

У фототеодолита Цейсса С³/в имеются три неподвижных объектива, расположенных на разных уровнях. Из трех объективов пользуются тем, который дает наиболее выгодное использование пластинки.

Съемка может быть произведена в одну сторону от базиса только по трем направлениям: нормально и при скосах вправо и влево под углами 35 *g*, что в сумме дает панорамный угол, равный 120 *g*.

При приемке фототеодолита Цейсса С³/в должны быть произведены следующие поверки:

1) поверка фокусного расстояния камеры;

2) оптическая ось камеры должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения камеры;

3) оптическая ось камеры должна быть перпендикулярна к плоскости маркировочной рамки камеры, а следовательно, и к плоскости пластинки;

4) координатные оси пластинки, определяемые марками задней рамы камеры, должны быть взаимно перпендикулярны;

5) ось ходов пластинки при вертикальном положении оси вращения камеры должна быть горизонтальна;

6) оптическая ось камеры должна проходить через точку пересечения координатных осей пластинки.

Горизонтальный и вертикальный круги теодолита Цейсса С³/в разделены на грады с ценой деления 0,5 *g*; отсчеты по кругам производятся шкаловыми микроскопами с 36-кратным увеличением с точностью до 0,01 *g*.

Увеличение трубы 30-кратное. Фокусировка (внутренняя) производится вращением кольца, а резкость сетки нитей достигается вращением окуляра. Труба снабжена дальномером.

в) **Съемка.** Наземная стереофотосъемка производится преимущественно при горизонтальном положении оптической оси камеры.

В зависимости от направления оси камеры относительно базиса (на его концах) могут быть следующие случаи съемки:

1) нормальный случай — когда оси горизонтальны, нормальны к базису, а следовательно параллельны между собой;

2) равномерно отклоненный (влево или вправо) случай — когда оси горизонтальны, параллельны между собой и скошены относительно базиса влево или вправо; плоскости пластинок вертикальны, между собой параллельны и образуют с базисом угол φ (угол отклонения);

3) случай схождения — когда оси горизонтальны и пересекаются под углом схождения; плоскости пластинок вертикальны и образуют с базисом углы φ_1 и φ_2.

Пространственное положение сфотографированных точек местности определяется в трехосной прямоугольной системе координат.

Фотопластинки для стереофотограмметрических работ должны быть изготовлены из зеркального стекла и не иметь косины.

Съемка производится на ортохроматических противоореольных зеркальных пластинках невысокой чувствительности, с мелкозернистой эмульсией. Пластинки проявляются медленно действующим глициновым проявителем, состоящим из: воды — 1 500 см³, сульфита кристаллического — 60 г, поташа — 55 г, глицина — 12 г и калия бромистого — 1,5 г.

г) **Камеральная обработка.** Камеральная обработка стереоснимков производится двумя способами:

1) на стереокомпараторе, на котором получаем x_1, y_1 и a_1 (x_1, y_1 — координаты изображений точки на левой пластинке, а a_1 — параллакс, равный разности абсцисс точки на левой и правой пластинках, т. е. $a_1 = x_1 - x_2$), по каковому аналитически или графически определяются положения отдельных характерных точек рельефа местности или ситуации;

2) на стереоавтографе, который автоматически при обработке стереоснимков вычерчивает горизонтали (линии равных высот);

3) для обработки снимков, полученных при любых положениях осей камер (главным образом при аэрофотосъемке), фирмой Цейсс построен специальный автомат — стереопланиграф.

В настоящее время камеральная обработка стереоснимков производится на стереоавтографах системы Дробышева; до этого же времени у нас применялись стереокомпараторы Цейсса конструкции Пульфуриха.

При обработке снимков на стереокомпараторе Цейсса наиболее сложным является определение параллакса, так как для этого необходимо отыскать один и тот же пункт на обеих пластинках.

Устройство стереокомпаратора и стереоавтографа Цейсса и обработка на них снимков подробно изложены в «Курсе геодезии», ч. II, составленном профессорами Московского межевого института Н. М. Александровским, Ф. Н. Красовским и А. С. Чеботаревым под редакцией проф. Ф. Н. Красовского, а также в книге «Наземная стереофотограмметрия» Н. М. Токарского.

Составление плана начинается с нанесения на план по координатам геодезической основы, контрольных пунктов и стоянок. При обработке стереоснимков прежде всего аналитически определяются положения контрольных пунктов и сравниваются с результатами полевых наблюдений;

если получим расхождения, необходимо выяснить причину их и ввести необходимые исправления.

При выяснении причин расхождений необходимо учитывать следующее:

а) Ошибки в определении направления базиса характеризуются смещением всех пунктов от истинного положения их вправо или влево на одну и ту же угловую величину. Исправление производится поворотом оси на плане до совмещения контрольных пунктов с действительным положением их.

б) Неточное измерение базиса имеет последствием смещение контрольных пунктов по лучам, идущим на них из точки стояния левой камеры.

в) Негоризонтальность главной горизонтали снимка и наклон пластинки обнаруживаются путем сравнения ординат изображений контрольных пунктов, полученных при обработке снимков на стереокомпараторе, с ординатами, вычисленными по измеренным в поле вертикальным углам для тех же точек.

Угол наклона пластинок при съемке φ_1 определяется по формуле $\varphi_1=\psi_1+\alpha_1-100°$, где ψ_1—угол между базисом и направлением на контрольный пункт с левого конца базиса, измеренный в поле, а α_1,—угол, определяемый фотограмметрическим путем из формулы $\operatorname{tg}\alpha_1=\frac{x_1}{f}$. Если отклонения пластинок не переходят за допускаемые пределы, — вводятся соответствующие поправки и производится дальнейшая обработка стереоснимков.

д) **Применение стереофотосъемки.** Стереофотосъемка может производиться в разнообразных условиях местности, но наибольший практический эффект достигается при съемке сложного рельефа, гористой, пересеченной местности, речных долин достаточно открытых и т. п. Такой рельеф очень труден для точного изображения его на плане путем обычных геодезических съемок, к тому же в этих случаях очень дорогих. Особенно хорошие результаты получаются при стереофотосъемке склонов долин со сложным геологическим строением, влияющим на формы рельефа, что обычными съемками трудно изображается, почему за границей при исследовании мест сооружений высоких плотин геологи предпочитают пользоваться исключительно данными стереофотосъемки.

§ 9. Промеры глубин рек и водоемов

Съемка рельефа пространств, покрытых водой, производится обычно помощью промеров глубин воды и является весьма важной частью топографических работ. Знание рельефа дна необходимо при изучении всех видов поверхностных вод: рек, озер, прудов, водохранилищ, каналов и пр. Съемка этого рельефа не может быть однако произведена столь точно и тщательно, как рельефа земной поверхности, вполне открытого для глаза.

В некоторых случаях, например при незначительных глубинах водоема (озера, пруда, небольших рек), съемка дна может производиться обычными методами съемки земной поверхности (мензульно-тахеометрической и т. п.), причем рейки устанавливаются в этом случае непосредственно на дно и затем производятся по ним отсчеты.

1. Приборы и инструменты для промеров глубины

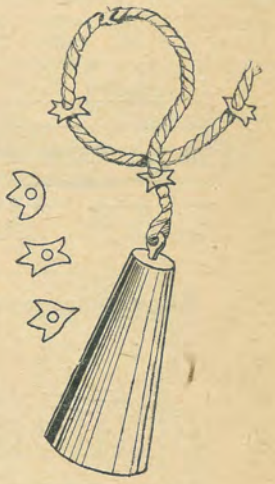
а) **Наметка, или футшток,** применяется при глубинах до 5—6 м и представляет собой (рис. 21) круглый шест, лучше из елового леса, менее ломкого и более легкого, чем сосновый, диаметром 5—6 см, разделенный на дециметры (дециметры), выкрашенные попеременно в черную и белую или в красную и белую краски. Нижний конец наметки снабжается иногда башмаком весом около 1 кг для удобства работы. Общий вес наметки не должен превышать 10—12 кг. Глубины измеряются обычно с точностью до 0,1 м, при спокойной воде эта точность может быть повышена до 0,05 м. Работа наметкой требует некоторой сноровки; в момент отсчета глубины она должна быть совершенно вертикальной, почему ее всегда забрасывают несколько вперед по ходу лодки, причем на реках приходится еще сообразоваться со скоростью течения воды.



Рис. 21.

При глубинах более 4—5 м работа наметкой становится уже затруднительной, и лучше переходить к лоту.

б) **Лот** представляет собой пирамидальной формы груз весом при речных работах до 5—10 кг, с прикрепленным к нему шнуром или тросом, называемым лотлинем (рис. 22). Лотлинь делается из гибкого и прочного шнура (лучше из так называемого «английского», чем обыкновенного пенькового) толщиной 4—5 мм, который разбивается на дециметры (нижние 2—4 м могут быть разбиты лишь на метры) путем вплетания в шнур особых кожаных марок с зубцами соответственно числу дециметров (иногда через два дециметра). Марки, обозначающие метры, имеют цифры.


Рис. 22.

Для лучшей гибкости и меньшего изменения длины при намокании или обсыхании лотлинь вываривается в масле. Разбивка делается после предварительного его смачивания в воде и вытягивания грузом до 10 кг. Время от времени при работах разбивка поверяется и положение меток исправляется, так как длина лотлиня может меняться.

Точность измерения глубин лотом меньше, чем наметкой — 0,2 м, так как в реке лот сносится течением и вертикальности и прямолинейности лотлиня достичь трудно. Ошибки от прогиба лотлиня при сравнении с наметкой достигают 8 — 10%.

Поправочный коэфициент лота определяют путем сравнения глубин, полученных лотом, с глубинами, определенными наметкой.

Промеры производятся или с обыкновенных лодок, на которых для удобства наметчика (рабочего, производящего промеры) иногда делается особый помост, или при широких реках и больших скоростях течения — с моторных лодок или катеров, на которых легче держаться в створе. Моторы этих лодок должны обладать возможностью в широких пределах изменять скорость хода и число оборотов винта. Это позволяет регулировать ход лодки так, чтобы на быстринах двигаться быстрее, близ берегов медленнее и таким образом сохранять более или менее равномерную скорость по профилю. Обычная скорость хода таких лодок в стоячей воде 15—20 км в час.

На горных речках иногда применяется способ промеров «с коня», когда промерщик переезжает реку верхом на лошади (при малых глубинах), делая в это время измерения.

в) **Промерные рейки.** Промерные рейки применяются при более точных, чем при обычных способах промеров глубин, съемках подводного рельефа, как, например, при обмерах произведенных под водой работ, при планировках дна, перед началом работ по опусканию колодцев, кессонов, ряжей и т. п., при разбивках сооружений (рис. 24).

В последних случаях нужно применять более точные приборы, в которых промерная рейка-наметка строго вертикальна и весь снаряд достаточно устойчив. На рис. 23 изображен прибор, примененный при постройке моста на р. Фрезе в Ньювестминстере (Америка). В особо устойчивой лодке

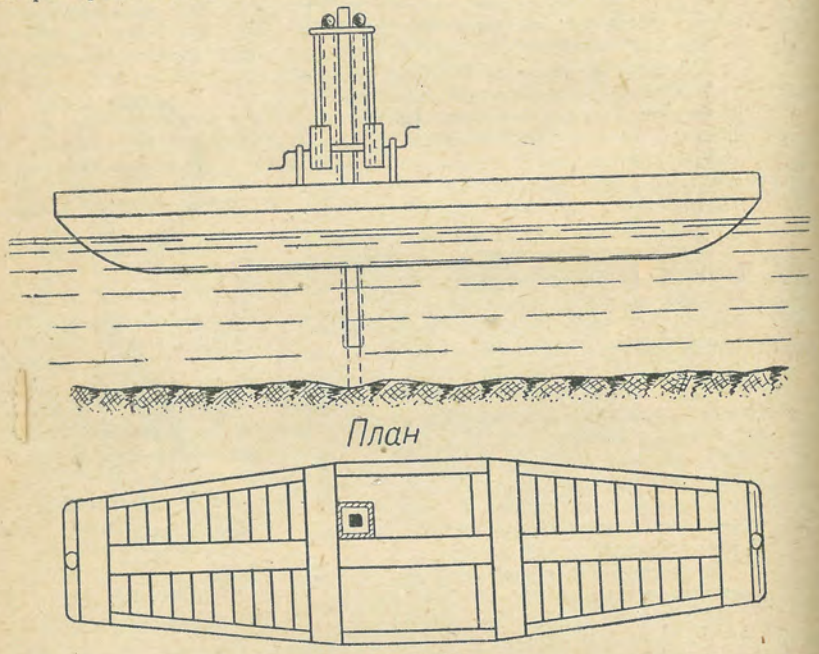


Рис. 23.

имеется вертикальное отверстие с водонепроницаемыми стенками. В этом отверстии помощью тросов, навиваемых (через блоки на подставках) на барабаны, движется рейка, к низу которой во избежание всплывания ее приделан тяжелый груз. По этой рейке, разбитой на деления, при опускании ее на дно производятся отсчеты глубины.

Другой снаряд (рис. 24), примененный при взрывных работах на Дунае, устроен по тому же принципу, но вместо лодки имеются два понтона, прочно соединенные в одно целое особыми фермами. На последних устроены приспособления для подъема и опускания 4 промерных реек, работа с которыми может производиться одновременно. Такого типа снаряд еще более устойчив и может применяться для точных промеров целой площади (до 20—30 м²) сразу и не в 4, а в большем числе точек, для чего соответствующее количество промерных реек размещается в пространстве между понтонами и фермами.

г) **Автоматические приборы** описаны ниже, см. п. 6, § 9.

2. Способы речных промеров

Промерные точки располагаются в реке определенным образом, чтобы достаточно подробно осветить рельеф дна. Они располагаются или по поперечным профилям реки или по косым профилям, так называемым к о с ы м г а л с а м, или по динамической оси потока (стрежню).

а) **Промеры по поперечным профилям.** Промерные профили представляют собой прямые линии, разбиваемые от магистрали или береговых опорных точек, поперек реки или канала, по возможности нормально к стрежню (оси) потока. По этим линиям движутся лодки, с которых через известные промежутки времени делаются промеры глубины. Лодка управляется таким образом, чтобы все время она находилась в створе вех (рис. 25), установленных по направле-

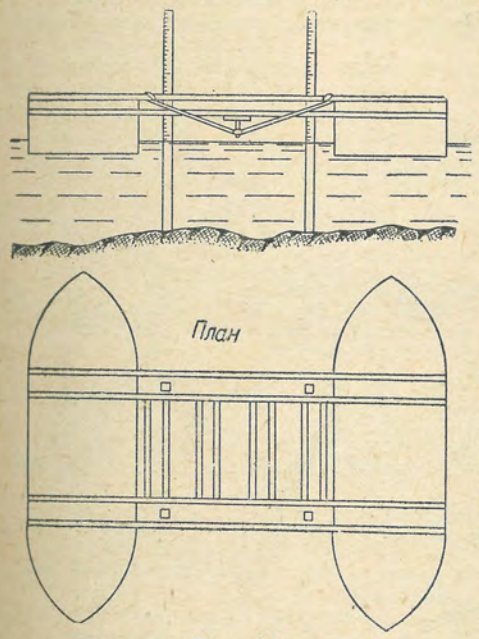


Рис. 24.

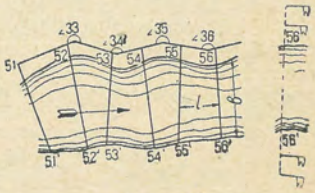


Рис. 25.

нию профиля на одном (при небольшой ширине реки) или на двух берегах. Профили обозначаются порядковыми номерами, причем один берег отличается от другого установлением при номерах индексов (1).

Расстояние между профилями l зависит от ширины реки b, ее характера и масштаба съемки вообще.

Наименьшее расстояние l должно быть:

при b = до 25 м l = 100 м
» b = 25—200 » $l \leq 3b$
» $b >$ 200 » $l \leq 500$ м

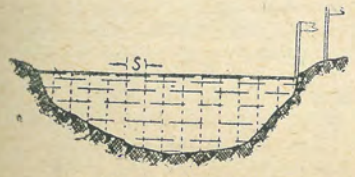


Рис. 26.

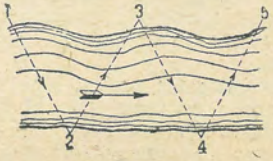


Рис. 27.

Обычное расстояние между профилями $l \leqq (1—1{,}5)\,b$.

В местах перекатов, порогов и других участков рек, где глубина меняется чаще и которые представляют особый интерес, промеряемые профили располагаются не реже 100 м друг от друга. В случаях детальных исследований некоторых участков рек (перекаты, пороги) и специальных заданий (разбивка работ, изучение деформаций русла, размывов, намывов и т. п.) профили назначаются еще чаще.

Расстояние S между промерными точками на профиле (рис. 26) также зависит от ширины реки. Если нет особых заданий и проектных требований, это расстояние обычно не должно превышать:

при $b <$	25 м	$S \leqq$ 5 м
» $b =$	25—200 »	$S \leqq$ 10 »
» $b =$	200—500 »	$S \leqq$ 20 »
» $b >$	500 »	$S \leqq$ 40 »

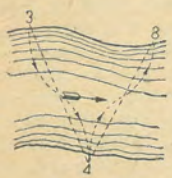


Рис. 28.

б) **Промеры по косым галсам.** Этот способ промеров применяется на реках с быстрым течением, а также на больших и широких, которым часто свойственны тоже значительные скорости течения, когда направлять промерный снаряд по поперечному профилю очень трудно, так как его сносит течением. В этих случаях промерный снаряд движется по профилям, наклонным к оси реки, или так называемыми косыми галсами, как показано на рисунке 27, от точки *1* к точке *2*, затем от точки *2* к точке *3* и т. д. Соответственно нумерация профилей ведется так, что на одном берегу номера нечетные, на другом четные. Фактически и по косым галсам строго выдерживать направление бывает трудно, но легче, чем по поперечным профилям. Обычно лодка или промерный снаряд сначала заезжает и движется

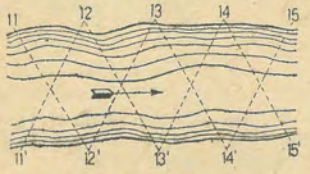


Рис. 29.


Рис. 29а.

несколько выше по течению от галса (рис. 28), а приближаясь к следующему берегу спускается несколько ниже галса; но практически это почти не влияет на точность работы, так как линии равных глубин, проводимые на основании промеров, получаются почти тождественными с теми, которые бы получились при строгом движении по галсу.

Расстояния между галсами (считая по берегу) и между промерными точками на галсе определяются аналогично случаю промеров по поперечным профилям.

в) **Перекрестные галсы.** При значительной ширине реки и в местах со сложным рельефом дна (перекаты, пороги) промеры по профилям и галсам могут не дать нужной полноты и не осветить некоторых мест между профилями. В этих случаях делают промеры по сложным галсам, перекрестным: двойным (рис. 29), тройным (рис. 29а) и даже четверным.

г) **Промеры рукавов.** В случае разделения русла на рукава основные промеры идут по главному руслу, а по рукаву идут промеры с особой нумерацией (рис. 30) во избежание смешивания тех и других при обработке материалов, а также во время самых работ. Последние в этих случаях могут производиться не одним промерным снарядом, а двумя или тремя, при условии предварительного точного распределения галсов между ними.

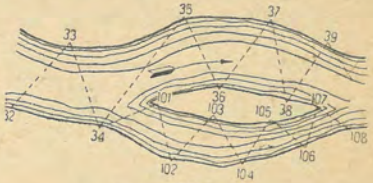


Рис. 30.

д) **Продольный промер** делается при рекогносцировочных обследованиях рек или на малых реках. Производится он с лодки или судна, идущего по стрежню реки, причем расстояния между отдельными промерными точками определяются по времени хода, отсчитываемому по секундомеру. Одновременно учитываются по возможности скорости хода лодки или судна, причем отмечаются моменты прохождения мимо приметных пунктов по берегам реки. Расстояния между промерными точками могут определяться и засечками (см. ниже).

3. Определение положения промерных точек на плане

Положение промерных профилей, или галсов, фиксируется на планшетах съемки путем определения по крайней мере двух точек профиля мензулой, тахиметром или другим инструментом.

Определение же положения промерных точек на профиле или галсе делается различными способами:

а) **по гребкам,** когда опускание наметки или лота делается через определенное число взмахов весел; при этом расстояние первого и последнего промеров от соответствующих урезов воды реки определяется на-глаз. Общая длина профиля известна из данных съемки, и по ней промерные точки разбиваются на плане чрез равные промежутки;

б) **по секундомеру** — аналогично способу по гребкам, опуская наметку через определенное число секунд, но можно, наоборот, отмечать показание секундомера при каждом промере. При обработке промеров в этом случае промерные точки располагаются на профиле пропорционально отсчетам времени по секундомеру.

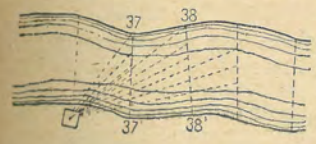


Рис. 31.

Оба эти способа предполагают равномерность хода промерного снаряда (лодки). На самом деле этого нет, так как скорость течения по ширине реки меняется, имея минимум у берегов, а максимум на самом глубоком месте. Поэтому на реках более или менее широких некоторые из промерных точек отмечаются более точно засечками;

в) **засечки** делаются помощью мензулы или другого угломерного инструмента. Последний устанавливается на берегу (рис. 31) и измеряет углы направлений на промерные точки. Необходимо лишь, чтобы дальномером кипрегеля были измерены расстояния до конечных или вообще ранее определенных точек профиля для возможности наложения на план (если засечки делаются мензулой на особом планшете). С одной стоянки засекается обычно несколько профилей. При речных промерах с лодки засекается не каждый промер, а через 3—5 и более, причем в момент промера, который должен быть засечен, с лодки дают сигнал (поднятием флага или свистком), а засекающий

дает ответный сигнал, если засечка произведена, что отмечается в промерной книжке. Промерные точки между засечками располагаются по гребкам или по секундомеру;

г) наконец, положение точек можно определять по **дальномеру** инструмента, поставленного в створе профиля на берегу (рис. 32), инструментом визируют на рейку, установленную в лодке;

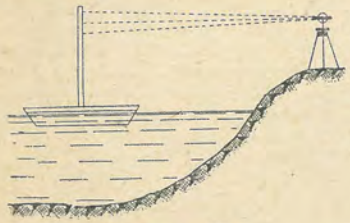


Рис. 32.

д) **зимой** промеры производятся со **льда,** в котором делают с помощью **пешни** отверстия, называемые лунками. Расстояние между лунками промеряется лентой непосредственно;

е) **промеры по тросу или канату** производятся при ширине реки не более 200 м. Пеньковый канат применяется при ширине реки не более 100 м, при большей ширине необходим металлический трос с минимальным диаметром 3—5 мм. Трос или канат закрепляется на одном берегу за сваю или кол и натягивается на другом с помощью простейшего ворота или лебедки (рис. 33). Трос или канат разбивается на метры, обозначаемые кожаными, проволочными или другими знаками, причем нулевой значок устанавливается по отвесу как раз над урезом воды. Расстояния между промерными точками в этом способе отсчитываются по тросу или канату.

ж) **Способ Альбрехта.** Для рек с небольшой шириной при невозможности промеров с лодки можно применять еще способ Альбрехта, заключающийся в том, что поперек реки натягивается двумя блоками бесконечный канат, на котором укреплено кольцо с блоком. Через последний перекинут особый трос или шнур с лотом на конце (рис. 34), навиваемый на особый барабан на берегу. По длине лотлиня, зная расстояние кольца от барабана (по бесконечному канату) и высоту блока над горизонтом воды, можно измерить глубину в любой точке профиля, делая отсчеты по тросу у барабана. Способ этот применяется на малых, но бурных реках, не допускающих плавания лодок. В этих же случаях может быть применен способ промеров с подвесной люльки (см. раздел третий «Справочника», II том. Гидрометрические работы).

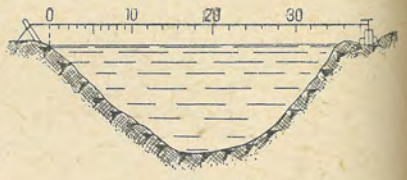


Рис. 33.

4. Промеры водохранилищ, озер и морей

Водохранилища, озера и другие водоемы, не говоря уже о морях, отличаются значительной шириной, а также глубиной, почему промеры глубин отличаются здесь некоторыми особенностями по сравнению с речными.

а) **Промерные приборы** для малых глубин те же, что и на реках: футштоки и обычные лоты. При значительных глубинах лоты должны иметь и значительный вес, что затрудняет подъем их со дна. Так как обычно при промерах глубин берутся пробы грунта дна, то лот, имеющий коническую форму, снабжается для этого снизу отверстием (рис. 34). Для удержания

грунта в отверстии, стенки последнего или смазываются салом или снабжаются клапанами.

При наличии в воде течений полезно применять линзообразный лот Шредера, опускаемый плашмя, так как его меньше сносит течением, и специальным приспособлением поворачиваемый в положение, облегчающее подъем лота.

При очень значительных глубинах (в открытом море, в океане) употребляются лоты специальных конструкций, преодолевающие значительные сопротивления подъему, а также специальные физические методы определения больших глубин, например «эхо-лот» и др.

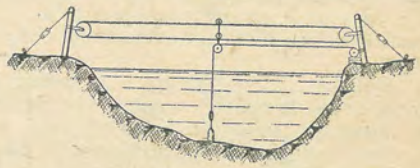


Рис. 34.

б) **Способы промеров.** Промеры водохранилищ, озер и других водоемов производятся по профилям, закрепляемым створами на берегах, или же точки промеров определяются каждая отдельно засечками на береговые знаки с судна или промерной лодки. При промерах озер или морей расстояния между точками берутся бо́льшими, чем на реках, так как рельеф дна озера или моря изменяется весьма медленно, в особенности в некотором отдалении от берегов. При промерах по профилям засечки делаются иногда с судна, с которого производятся промеры (рис. 35) помощью секстанта. Профили назначаются не более чем через 400—600 м в прибрежной полосе, а далее могут быть и реже. В местах впадения реки или истока рек (из озер) профили должны назначаться чаще.

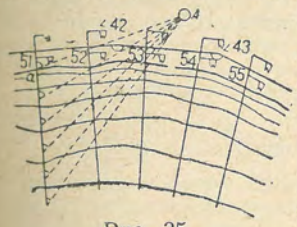


Рис. 35.

При невозможности работать со створами (плохие условия берега, условия видимости знаков и пр.) промерные точки засекаются двумя инструментами, стоящими на известном расстоянии (базис) друг от друга или же с судна секстантом отсчитывается угол α (рис. 36), составляемый направлениями на два постоянных знака на берегу.

5. Производство работ и обработка материалов

Для получения отметок дна водоема необходимо кроме глубин в отдельных точках знать отметки горизонта воды, имевшего место во время промеров. При промерах реки на каждом профиле или галсе необходимо забивать перед промером на урезе воды кол вровень с водой, записывая одновременно время забивки. Вместе с тем необходимо вести наблюдения над колебаниями горизонта воды в течение работы три и более раз в день по временному водомерному посту. Как пост, так и все промерные колья нивелируются, что позволяет вычислить отметки горизонта воды и дна, а кроме того впоследствии составить продольный профиль реки и отнести глубины к соответствующему горизонту воды в реке.

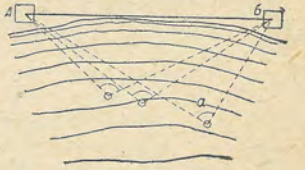


Рис. 36.

При промерах водоемов со стоячей водой нет нужды нивелировать горизонт воды у каждого профиля, но необходимо вести наблюдения по водомерному посту (не менее 3 раз в день).

Состав речного промерного отряда: 1 техник — в лодке, 1—2 гребца, в некоторых случаях — до 4 человек, 1 рабочий у руля, 1 наметчик, на створах (на берегу) — 1—2 человека. В случае применения засечек необходимо добавить еще 1 техника на берегу и 1 рабочего у засекающего инструмента.

В промерном журнале необходимо отмечать: номер профиля, часы и минуты промеров, погоду, характер грунта дна и берегов, расстояния между промерными точками (по гребкам или секундомеру), глубину воды, засечки, стояние горизонта воды относительно промерного кола и зарисовать схемы расположения профилей и галсов (см. образец полевого журнала).

При обработке материалов съемки русел или водоемов на планах рек, озер, морей и прочих водоемов обязательно наносятся рабочие урезы воды, по возможности и урезы высоких горизонтов — оба пунктиром, а урезы принятого условного горизонта реки — сплошными линиями. Данные промеров глубин выписываются в виде глубин, исчисленных от условного горизонта, или же пересчитанные в абсолютные отметки, как и надводный рельеф. Первый способ принят и удобен на судоходных картах, называемых иначе лоцманскими, или лоциями, второй — для случаев проектирования различных гидротехнических сооружений — плотин, водозабора и пр.

Рельеф дна в первом случае изображается линиями равных глубин (изобатами), проводимыми через 0,5 м, а на большой глубине (более 2—3 м) через 1—2 м. Во втором случае рельеф дна изображается горизонталями, отнесенными к тому же уровню, что и вся рельефная съемка.

Через точки наибольших глубин на профилях проводится линия стрежня реки (на судоходных реках — фарватера), по которой производится разбивка километров от определенного начального пункта.

6. Промеры глубин автоматическими и самопишущими приборами

При промерах способом отдельных профилей и отдельных точек остаются невыясненными места между промерными точками, в особенности если расстояния между ними значительны, например, 200—250 м, между тем для устройства сооружений их важно знать. Восполнить эти пробелы можно или учащением обычных промеров или применением особых приборов для непрерывных промеров, самопишущих и так называемых тралов.

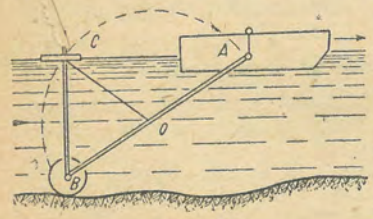


Рис. 37.

а) Примером приборов непрерывного типа может служить **навигационная рейка Буцмана** (рис. 37). В последней на штанге AB, вращающейся шарнирно около точки A, укреплена шарнирно же мерная рейка BC, проходящая в отверстие поплавка C, соединенного шарниром со стержнем CO, в свою очередь укрепленным шарнирно в середине штанги AB. Прибор устроен так, что $AO=OB=CO$, и таким образом точка C при всех положениях стержня CO описывает окружность, и угол BCA всегда равен 90°, а рейка BC всегда вертикальна и дает непосредственно глубину данного места.

б) Из **самопишущих промерных приборов,** удобных для непрерывных промеров глубин, в особенности когда таковые надо сделать быстро, например, при периодических промерах значительных участков рек с целью изучения

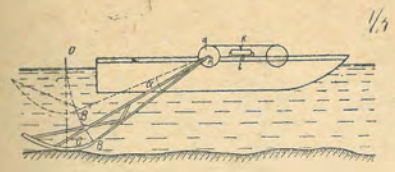
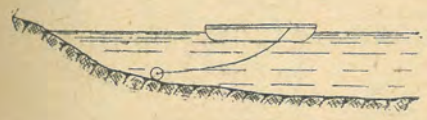


Рис. 38.


Рис. 39.

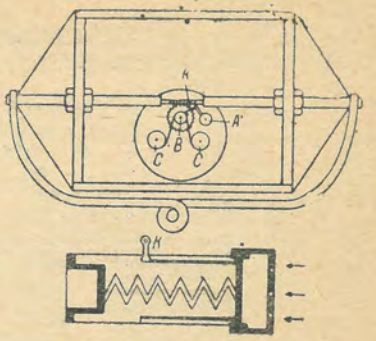


Рис. 39а.

их режима, наиболее распространенным является прибор Штехера (рис. 38), состоящий из жесткой тяжелой железной штанги ABC (или из 2 таких штанг), вращающейся на горизонтальной оси A и соединенной с диском A. К диску прикреплена стальная лента со штифтом K, передвигающимся пропорционально углу поворота штанги α. Этот штифт вычерчивает на бумаге, навернутой на вращающийся от действия часового механизма барабан L, все изменения рельефа дна в некотором масштабе. Нижняя часть штанги BC очерчена по эвольвенте (развертке круга радиуса AB), благодаря чему дуга DB всегда равна прямой DC, т. е. глубины пропорциональны дугам, или, что то же, — углам поворота α штанги. Прибор измеряет глубины до 7 м.

Недостатки этого прибора: громоздкость, слабость штанги в поперечном направлении, не позволяющая применять прибор для промеров поперек реки, и несоответствие равномерного вращения барабана (от часового механизма) неравномерной скорости хода судна, вследствие чего полученный профиль является несколько искаженным.

в) В **приборе Серебрякова,** аналогичном по идее, эти недостатки устранены, но отсутствие эвольвентообразного очертания конца штанги делает необходимым тарировку прибора; вращение же барабана с бумагой связано путем электрического включения с вертушкой Амслера, вращающейся при движении судна, и дает возможность получать истинный профиль дна.

г) Третий прибор, именуемый **гидростатическим профилографом,** предложенный Гайошем (Hajos), представляет собой барабан, катящийся на тросе по дну (рис. 39). Внутри барабана находится манометр A, в котором рода действует гидростатически на поршень, двигающийся в цилиндре. В зависимости от глубины, а следовательно и соответствующего давления воды, штифт K, прикрепленный к поршню (рис. 39а, внизу), чертит на барабане B, вращающемся от оси всего прибора пропорционально его передвижениям по дну, все изменения глубин. Валики C служат для сматывания и наматывания бумаги на барабан B. Наибольшая глубина, измеряемая прибором,—13 м.

Недостатки его: затруднительность тарировки, возможные утери прибора на дне (в особенности илистом или скалистом) и общая трудность контроля его показаний.

Продольный профиль р. Н. Березайка

Наименование организации

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

- Бровка лев. берега
- " прав. берега
- Линия гор. воды
- " дна
- ст. марка ⊖ Ар
- Населенные пункты лев. бер.
- Населен. пункты прав. бер.

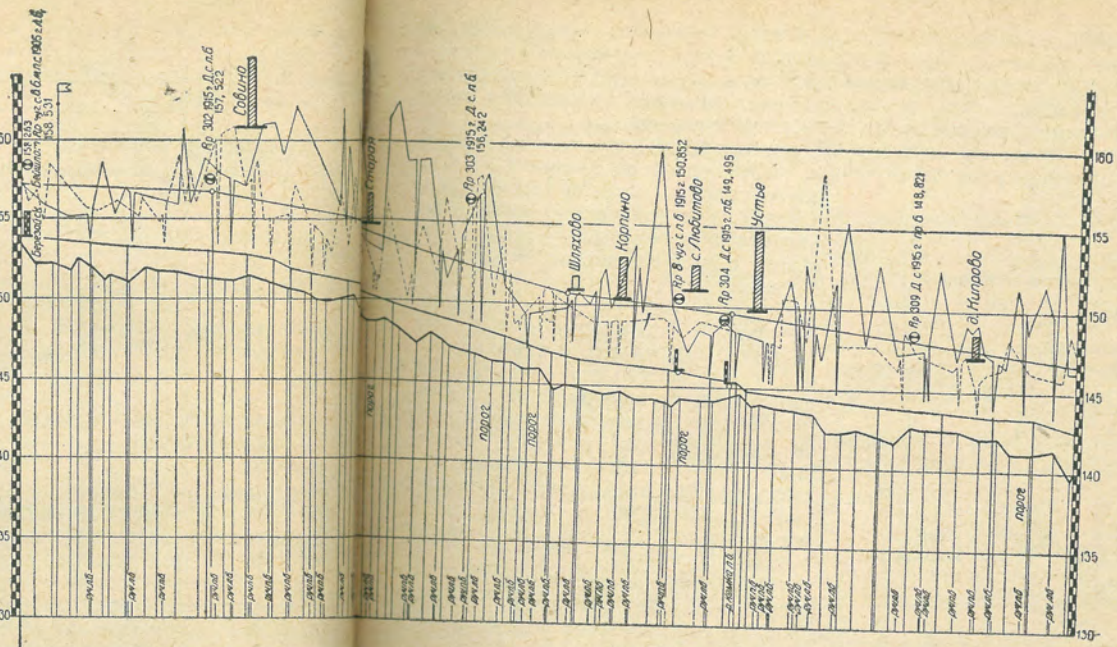
Примечание: верхняя черта столбика соответствует наивысшей точке населен. пункта, нижняя - наинизшей. Длина нижней черты соответств. протяженности населен. пункта по фарватеру реки

- Водом. пост свайный
- Нуль графика поста
- Водом. пост реечный
- Водом. пост временный
- Гидролог. станция
- Гидром. створ
- Мельница
- Мосты: 1 - деревянный на сваях; 2 - каменный или бетонный; 3 и 4 - жел. дор. на каменных опорах

МАСШТАБЫ:

Горизонтальный 1 км - 0,01 м
Вертикальный 2 м - 0,01 м

Профиль составлен в абсолютн. отметках над уровнем Балт. моря
Отм. усл. горизонта воды приведены к.....
.....(час, дата, год)



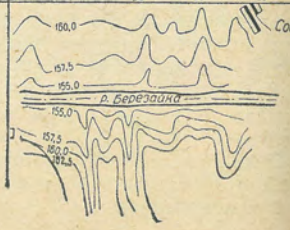
Падение на 1 км. в метр. / Расстояния в метр.	0,143 / 2300	0,238 / 1100	0,112 / 2600	0,091 / 1300	1,519 / 750	0,095 / 600	0,850 / 750	0,428 / 1400	0,576 / 2	0,384 / 2750	0,715 / 1100	0,651 / 1050	0,857 / 700	0,289 / 1150	0,115 / 2700	0,456 / 1300	0,193 / 900	0,94 / 300	0,159 / 4250	0,072 / 2050	0,270 / 1500	0,094 / 1300	0,560 / 1650
Отметки бровок лев. берега	157,7 157,6 157,6 157,5	155,7 155,4 155,9	155,1 158,4	154,7 153,5 153,2 156,0	160,1 160,4 160,8	159,7	159,0 159,6	157,5 157,8 158,0		158,8 158,1	154,8 152,3 152,0	150,9 147,8			149,0 147,0 149,1	149,3 148,7 148,0 149,0			147,7 150,7 150,7	158,8 147,8	147,6	148,3 147,4	147,3	148,3 146,4 146,0 145,5
" " прав. берега	157,2 156,8	155,1 155,1 158,5 155,4 156,7	153,7 153,5 153,8 156,8	159,0 157,6 153,4 157,0 160,8	159,0 159,2	158,8 158,9 159,0	159,0 159,2	158,2		158,2 151,1	149,2 147,2	150,7			152,4 149,7 153,9 149,5 159,8	147,2 148,5	149,1 148,4	147,6	152,8 146,8 155,7 147,6 152,8	147,3	147,4 152,8 147,0 149,2	146,6 151,6 150,0 151,6 155,0	146,0 145,5
Отметки максимального горизонта паводка.....года				150,701								150,781					149,571							
Отметки условного меженного горизонта воды	154,101	153,583	153,331	153,058	152,921	153,532	151,965	151,878		149,925	148,268	148,081	147,978	146,968	146,831	145,970	145,722	145,573 145,548		144,257	144,110	143,705	143,383	142,688
Отметки дна по фарватеру	153,33 153,49	152,05 152,05 152,15 151,88	151,20 152,15 151,94	151,60 151,55	151,31 151,25 152,60	151,15 150,05 150,50 149,95	149,80 150,00	149,29		147,42 147,14 147,29	146,71	148,69 146,19 145,90	145,80 144,62 145,00	144,98	144,56 144,75 144,06	144,17 143,98 143,98	143,81 143,81	144,75 143,05 143,91	143,70 143,52	143,38 142,49 142,49 142,62	142,04 141,88 142,89 142,80	142,76 142,25 142,29 141,95	141,27 141,63 139,90	142,688
Номенклатура планшетов																								0 - 36 - 69
Км. по фарв. (от Березайского бейшл.)	36	34	32	30	28	26				22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0			

СХЕМАТ. ПЛАН РЕКИ

МАСШТАБЫ:

для прод. измерений 1: 100000
для поп. измерений 1: 25000

Горизонтали проведены через 2,5 м по высоте



* далее во всю длину профиля

д) **Траление** не представляет собой непрерывного промера глубин, но оно позволяет убедиться, нет ли на заданной определеной глубине в пределах данной ширины (например фарватера) каких-либо выступающих предметов, повышений дна и пр. Оно дает возможность отметить такие места и произвести на них затем соответствующие работы.

Простейший трал, так называемый американский, представляет собой (рис. 41) штангу определенной длины, подвешенную на заданной глубине двумя тросами и затем вертикальными трубками к горизонтальной трубе, лежащей поперек судна. Глубина опускания может изменяться путем передвижения вертикальных трубок в муфтах горизонтальной трубы. Прибор движется по исследуемой полосе реки, например фарватеру, и в тех местах, где имеется выступ дна, последний узнается по изменению положения вертикальных трубок и по звуку удара. При сильном волнении и качке снаряда трал этот работает плохо, пропуская выступающие препятствия или задевая выступы ниже требуемой глубины. Кроме того возможны частые поломки.

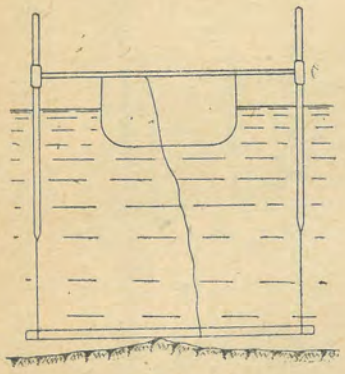


Рис. 41.

Из более совершенных тралов надо отметить тралы Миллера, Котельникова и др., употребляемые при большом объеме работ.

§ 10. Приведение съемочных промеров к условному уровню воды

Съемочные промеры на реках и других водоемах производятся длительный период, в течение которого уровни воды колеблются. Съемки подводного рельефа (промеры глубин) ведутся поэтому при разных уровнях, почему на планах урез воды (так называемый рабочий) водоемов будет занимать положение, в разных участках соответствующее разным дням и разным горизонтам.

В водоемах со стоячей водой уровень воды, приведенный к какому-либо определенному дню, расположится по определенной горизонтали, проведение которой не составляет трудности, если рельеф дна на основании промеров выражен вообще в горизонталях.

В реках, где мгновенный уровень воды располагается по некоторой ломаной поверхности с переменными уклонами вниз по течению, приведение заснятых в разное время уровней воды к одному дню, или, как говорят, к условному горизонту, представляет задачу более сложную. Приведение это особенно необходимо при съемках рек для судоходных целей, где рельеф дна изображается изобатами, т. е. линиями равных глубин, отсчитываемых от поверхности воды.

1. Выбор условного уровня

За условный уровень принимается уровень, наиболее характерный для водоема и водохозяйственных интересов, для которых производится съемка. Так, например, в интересах судоходства за условный уровень принимается возможно низкий уровень в реке, имевший место в период работ. При регуляционных работах на несудоходных реках необходимо иметь съемку, отнесенную к некоторому среднему или средне-низкому уровню.

Нередко бывает необходимо иметь продольные профили реки при разных уровнях: низких, средних, высоких (последние, например, при проектировании обвалования), но во всех случаях целесообразно, чтобы выбираемый уровень был наблюден в период работ.

2. Получение однодневного уровня непосредственными наблюдениями

а) Наиболее точный **способ** получения продольного профиля реки, отнесенного к определенному моменту, или так называемого **мгновенного профиля,** состоит в «мгновенной» нивелировке уровня на всем участке в достаточном числе пунктов. Такой способ возможен практически лишь на коротких участках реки, так как требует большого по численности технического и рабочего персонала. Заключается он в одновременной забивке (по сигналу или по часам) урезовых кольев в уровень с водой и в последующей их нивелировке в течение данного дня.

б) Другой способ, менее точный, но практически более реальный и возможный, — это **способ однодневной связки** горизонтов воды по всему участку.

В этом случае все нивелировщики партии заблаговременно посылаются в определенные места (обычно каждому дается участок 15—30 км) к определенному назначенному дню, приуроченному по возможности к самому устойчивому (обычно низкому) уровню воды в реке. На своем участке каждый техник в течение одного дня связывает точной нивелировкой горизонты воды у всех реперов, поставленных за полевой период на берегах реки, с площадками этих реперов. Так как расстояние между реперами обычно 1,5—3 км, то на долю каждого техника приходится 7—10 реперов в день.

Если число техников ограниченно, можно распределить работу на два дня (если горизонт воды мало колеблется), хотя вообще это нежелательно. Расстояние между точками связки по реке во всяком случае не должно превышать 5 км.

Точки, занивелированные во время однодневной связки горизонтов воды, будут принадлежать искомому мгновенному или условному уровню или продольному профилю реки. Промежуточные же точки между полученными нивелировкой определяются путем срезки «рабочих» уровней воды, полученных за период съемки.

3. Способы срезки глубин и горизонтов воды

Срезка рабочих глубин и горизонтов воды и приведение их к условному уровню могут быть сделаны двумя способами:

а) по показаниям смежных водомерных постов и

б) по однодневной связке горизонтов воды.

а) При **первом способе** — по показаниям смежных водомерных постов мы имеем в пунктах A и B (рис. 42) водомерные посты (расстояние $AB=L$ бывает 20—30 и более километров) с показаниями H и h. Если H и h — абсолютные отметки горизонтов воды на постах, то $H—h$ — падение реки на участке AB.

Пусть в момент начала работ *(I)* падение было равно $H_1—h_1$, в конце работ *(II)* $H_1 — h_2$, следовательно амплитуде $H_1—H_2$ на посту A соответствует амплитуда $h_1—h_2$ на посту B. Принимаем, что амплитуды колебания горизонта воды xy в расстоянии l от A изменяются пропорционально l, т. е.:

$$\frac{yx-(h_1-h_2)}{(H_1-H_2)-(h_1-h_2)}=\frac{L-l}{L}, \qquad (1)$$

откуда определим yx, т. е. величину срезки горизонта воды в сечении $x\,y\,z$ от горизонта воды в этом сечении момент (I) до горизонта воды в нем же в момент (II).

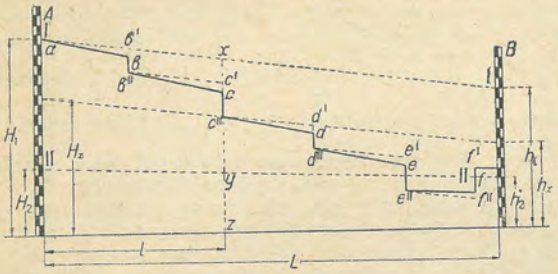


Рис. 42.

Если $(II—II)$ — условно принятый горизонт, то, определяя по водомерным постам в соответствующий день разности $H_1—H_2$ и $h_1—h_2$, получим величину срезки yx для этого дня. Предварительно нужно только рабочие профили $ав$, $вс$ и т. д., полученные нивелировкой, привести к утренним показаниям постов, так как в течение дня горизонт воды может меняться. Приведение это делается по показаниям временного водомерного поста, устраиваемого на реке в каждой стоянке лагеря изыскательской партии, или по показаниям постов A и B, что менее точно и т. д. Профиль $ав'в''с'с''d'$ и т. д. является приведенным уже к утренним показаниям. Точки этого рабочего профиля сносятся на условный путем прибавления или вычитания в каждом случае вычисляемой величины yx для данной точки.

Способ этот довольно груб, так как предполагает, что колебания горизонтов воды изменяются пропорционально расстояниям по реке. На самом деле они меняются в зависимости от уклонов реки, от местных условий, конфигурации русла и других причин. Грубость этого способа увеличивается еще от того, что расстояние между пунктами A и B обыкновенно весьма значительно.

б) **Способ срезки по однодневной связке** горизонтов воды гораздо точнее. В этом случае у реперов при однодневной связке получаются истинные отметки условного горизонта, за каковой принимается горизонт дня связки. Строить условные профили приходится на небольших участках между реперами (1,5—3 км), и срезка ведется пропорционально не расстояниям, а п а д е н и ю р е к и. На рисунке 43 приведен пример связки между реперами R № 1 и R № 2.

Прежде всего рабочие уровни приводятся к утреннему показанию водомерного поста партии, для чего к нивелировочным отметкам горизонтов воды у профилей или галсов, пронивелированным в разное время дня, прибавляются поправки за падение уровня в течение дня по временному посту партии. Таким образом например $ав$ и $в'с'$ будут мгновенными профилями реки 1 и 2 июля соответственно. Если еще учесть колебание горизонта воды за сутки между 1 и 2 июля $вв'=k$, то можно построить условный профиль $авс$, отнесенный к утру 1 июля.

Если Y_1 и Y_2 — высоты условного горизонта связки у реперов R № 1 и R № 2, то $y_1—y_2$ представляет условное меженнее падение реки между этими реперами. В то же время dd'' (рис. 43) представляет падение между ними при рабочем горизонте 1 июля, равное $H_1—H_2$.

Обозначив:

$$\frac{y_1-y_2}{H_1-H_2}=\varphi$$

«коэфициент поправки падения при переходе к горизонту срезки», мы можем для любого небольшого участка реки x_1x_2 с рабочим падением $h_1—h_2$ получить падение при условном горизонте срезки:

$$z=y_1—y_2=\varphi\,(h_1—h_2) \qquad (2)$$

и таким образом построить условный меженний профиль на всем участке между реперами, начав от репера № 1. Аналогичным путем ведется срезка между следующими и дальнейшими реперами. Таким путем получается и весь продольный профиль реки, на основе чего проводится линия уреза реки при условном горизонте. Образец продольного профиля реки представлен на рисунке 40 (см. стр. 120—121).

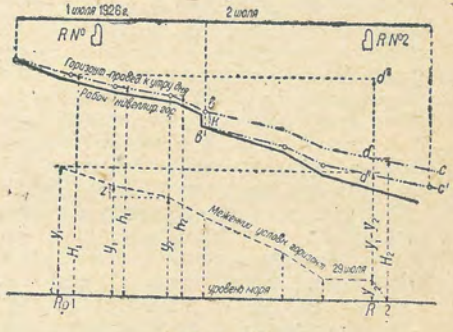


Рис. 43.

Следует отметить, что «срезка» горизонта воды, описанная выше, представляет собой условную операцию, предполагающую, что русло реки устойчиво, на самом же деле у большинства рек русло неустойчиво, и глубины (и даже формы русла) меняются с изменением горизонта воды. Поэтому на продольном профиле следовало бы построить профиль дна по повторным промерам (при условном горизонте воды), во всяком случае на перекатах, где деформации русла особенно велики. Вообще же построение условного профиля должно вестись осторожно, учитывая все местные особенности реки: крутые падения, резкие повороты и пр.

4. Построение продольных профилей рек

а) **Состав профиля.** На продольном профиле реки вычерчиваются обычно профили обоих берегов, дна, горизонтов воды — рабочего (при котором производились работы), самого высокого и низкого, поскольку они захвачены нивелировкой, и условного, отнесенного к некоторому определенному дню. Внизу выписываются соответствующие отметки, а также данные о падениях и уклонах реки, скоростях течения, километры и пр. Также показывается расположение населенных пунктов, притоков, различных сооружений (мостов, плотин), реперов, марок, постов и пр.

В местах определения расходов воды выписываются данные о скоростях течения и расходах и тех горизонтах воды, при которых они определены, а если получена кривая расходов, связывающая расходы и горизонты воды, то вычерчивается и кривая расходов.

В некоторых случаях на одном профиле с главной рекой строится и профиль притока, в соответствующем месте, обычно располагающийся выше основного профиля, так как уклоны притоков обычно больше уклонов главного русла. Это принято больше на сокращенных профилях.

б) **Типы профилей.** В зависимости от основной цели и от стадии проектирования профили реки составляются подробные и сокращенные.

П о д р о б н ы е п р о ф и л и составляются в масштабах 500 или 1 000 м в 1 см для горизонтальных расстояний и 1 или 2 м в 1 см — для вертикальных расстояний, а сокращенные 2—2,5 или 5 км в 1 см для горизонтальных

расстояний и 2—2,5 или 5 м в 1 см для вертикальных расстояний. Кроме того, в зависимости от задания, отдельно составляются профили порогов и перекатов в более крупных масштабах.

При выборе масштаба руководствуются нижеследующим: а) сдвиги профиля реки по высоте должны быть не чаще чем через 1 м по длине профиля и б) чтобы все отдельные элементы профиля могли разместиться в пределах границ миллиметровой бумаги.

в) **Ход работы по составлению продольного профиля.** Составление продольного профиля реки начинается с проработки имеющихся материалов, заключающейся в следующем:

1) в проведении на плане русла реки линии наибольшей глубины (линии фарватера). На планах больших судоходных рек линия фарватера проводится участками прямых, сопрягаемых кривыми определенных радиусов; на планах второстепенных в судоходном отношении рек линия фарватера проводится в виде плавной линии; на несудоходных реках вместо фарватера проводится линия, равноудаленная от берегов.

На проведенной линии фарватера разбивают километраж, за исходную точку которого принимают точку пересечения оси исследуемой реки с фарватером той реки, в отношении к которой исследуемая река является притоком;

2) в вычислении отметок горизонтов воды: максимального паводочного, среднего меженнего, наинизшего меженнего и условного горизонта, отнесенного к определенному моменту времени;

3) в вычислении отметок бровок и в составлении ведомостей отметок бровок для правого и левого берегов реки отдельно;

4) в вычислении отметок дна реки по фарватеру и по границам судового хода (если последнее входило в задание) и срезанных промеров глубин;

5) в составлении ведомости промпредприятий и населенных пунктов, расположенных в пойме исследуемой реки в пределах возможного затопления и подтопления в связи с устройством гидросооружений. В ведомости приводятся сведения о производительности предприятий, ориентировочная стоимость их, мощность двигателей, о количестве дворов, численности населения, о занятиях жителей, о ценности построек, отметки пониженных частей предприятий и населенных пунктов и т. п.;

6) в составлении ведомости искусственных сооружений, расположенных на исследуемой реке, как-то: мостов, гидростанций, мельниц, линий электропередач, водоприемных устройств, водокачек, трубопроводов и др. В ведомость вносятся отметки характерных точек сооружений;

7) в составлении ведомости притоков и ручьев, впадающих в исследуемую реку, с указанием расстояний их впадений от нулевого километра и берега;

8) в составлении ведомости перекатов и порогов, в которых указываются их названия, отметки горизонтов воды на границах с плесами и в характерных переломах продольного уклона реки, у какого берега был занивелирован горизонт воды и наименьшие глубины на перекатах и порогах по линии фарватера или по длине реки;

9) в составлении ведомостей мелей, кос и островов, характеризующих русло реки. Для характеристики мелей отмечаются начала и концы их с указанием глубин и наименьших глубин на них по длине русла реки; для островов и кос указываются начала и концы таковых. Данные этой ведомости являются лишь приложением к профилю, но на профиль не наносятся. Продольные профили обычно составляются по фарватеру на миллиметровой (с желтой сеткой) рулонной бумаге, наклеенной на коленкор.

Составные части профиля — горизонты воды и профиль дна по фарватеру — находятся в вертикальной плоскости; бровки, селения, искусственные сооружения, репера, водопосты, устья притоков, наносимые на профиль, находятся вне этой вертикальной плоскости и лишь проектируются на нее.

По установлении масштаба профиля на бумаге проводится линия относительного горизонта, отделяющая профиль от граф с отметками и от схематического плана поймы реки. Отметка линии относительного горизонта выбирается с таким расчетом, чтобы все элементы профиля на возможно большем протяжении поместились бы на рулоне миллиметровой бумаги.

Ниже линии относительного горизонта помещаются следующие графы (рис. 40, стр. 120—121):

1) падение реки на 1 км на отдельных участках и длины участков;
2) отметки бровок левого берега;
3) отметки бровок правого берега;
4) отметки максимального горизонта паводка с указанием года;
5) отметки условного горизонта (указывается момент времени, к которому отнесены);
6) отметки дна по фарватеру или по срединной линии;
7) номенклатура планшетов;
8) километраж по фарватеру.

Ниже оставляются до пяти свободных граф для внесения в них данных проектирования.

г) **Обозначения на профилях.** По выписанным из составленных ведомостей в соответствующие графы отметкам наносятся точки бровок, горизонтов воды и дна реки, которые соединяются прямыми линиями, причем точки бровок левого берега реки — прерывистыми линиями.

Ординаты точек дна обычно проводятся сплошными линиями, а горизонтов воды — прерывистыми.

Репера наносятся по высоте и обозначаются условным знаком; над реперами выписываются: их номера, годы установок, кем установлен, на каком берегу помещается, материал, из которого сделан репер (деревянный, железный, бетонный). Искусственные сооружения наносятся по данным ведомостей по отметкам и положению оси сооружения (километраж) и обозначаются соответствующими условными знаками.

Над искусственными сооружениями в вертикальном направлении выписываются их названия. Населенные пункты и промышленные предприятия наносятся по отметкам ведомости и обозначаются условно в виде вытянутого в вертикальном направлении прямоугольника, причем низ прямоугольника соответствует наинизшей точке селения, а верх — наивысшей. Прямоугольники, обозначающие населенные пункты, расположенные на левом берегу, штрихуются. Протяженность селения по длине реки обозначается в масштабе профиля толстой линией по высоте низа прямоугольника. Над населенными пунктами выписываются их названия и число дворов. Водомерные посты обозначаются условным знаком (реечкой), причем нуль графика поста соответствует низу рейки.

Названия перекатов и порогов подписываются между ординатами ниже профиля дна.

Места впадений притоков показываются короткой чертой, проведенной от линии относительного горизонта в вертикальном направлении по километражу; выше черты в вертикальном направлении делается надпись названия притока и берега, на котором он впадает.

Внизу профиля желательно составлять схематический спрямленный план поймы реки в горизонталях, по длине в масштабе профиля, а по ширине поймы — в более крупном масштабе; профиль дает наглядное представление о ширине поймы в любом месте ее и о крутизне берегов.

Профиль составляется в карандаше, а затем закрепляется черной тушью. Допускается профиль закреплять цветной тушью следующими цветами:

а) горизонты воды — зеленым цветом;
б) бровки правого и левого берегов — коричневым;
в) репера, водопосты — красным;
г) все остальное — черным цветом.

Отметки в этом случае выписываются тем цветом, каким вычерчен сам элемент.

§ 11. Способы съемки различных объектов

1. Съемка рек и речных пойм и долин. Особенности их

а) **Общие замечания.** По целевым установкам исследования рек могут быть разделены на комплексные, водноэнергетические, воднотранспортные, водномелиоративные (ирригационные и осушительные) и т. п.

В зависимости от целевых установок и от стадии проектирования устанавливаются границы и масштабы съемок с соответствующими им точностями.

Полевым съемочным работам всегда предшествуют предварительные камеральные и организационные работы, а по окончании полевых работ следуют окончательные камеральные работы.

К предварительным камеральным работам относится собрание всех картографических, топографических и других материалов, касающихся исследуемой реки, которые могут быть использованы при исследовании реки и при последующем проектировании.

б) **Производство съемок.** Съемки рек и речных пойм и долин обычно базируются в плановом отношении на триангуляциях разных классов в зависимости от масштаба съемки, а в высотном — на нивелировках разных точностей в зависимости от задания.

При съемках рек с поймами шириной до 2 км обоснованием могут служить точная и оптическая полигонометрия, прокладываемые или между пунктами триангуляций или самостоятельно. Съемки небольших рек с узкими поймами иногда основываются на магистральных ходах с непосредственным двойным измерением линий стальною лентою, с разбивкою пикетажа и с определением истинных азимутов.

Съемки речных пойм и долин обычно производятся при среднем меженнем горизонте и во всяком случае не выше 2 м над таковым, так как при более высоких горизонтах производство съемки затруднительно и, кроме того, пришлось бы делать большие срезки при приведении к условному горизонту, искажающие сильно план русла реки. Съемки в масштабах 1 : 50 000 и 1 : 25 000, производятся мензульные, а в масштабах 1 : 10 000, 1 : 5 000, 1 : 2 000 и 1 : 1 000 обычно производятся мензульные, но при несложной ситуации и рельефе поймы могут производиться и тахеометрические.

При съемке площадей размером менее 1 000 км² или при съемке вдоль длинных трасс, границы съемок в м 1 : 25 000 и 1 : 10 000 могут устанавливаться в виде ломаного контура, состоящего из прямых линий длиною не менее 500 м для съемки в м 1 : 25 000 и 200 м — в м 1 : 10 000. Точками поворота ломаной линии, принимаемой за

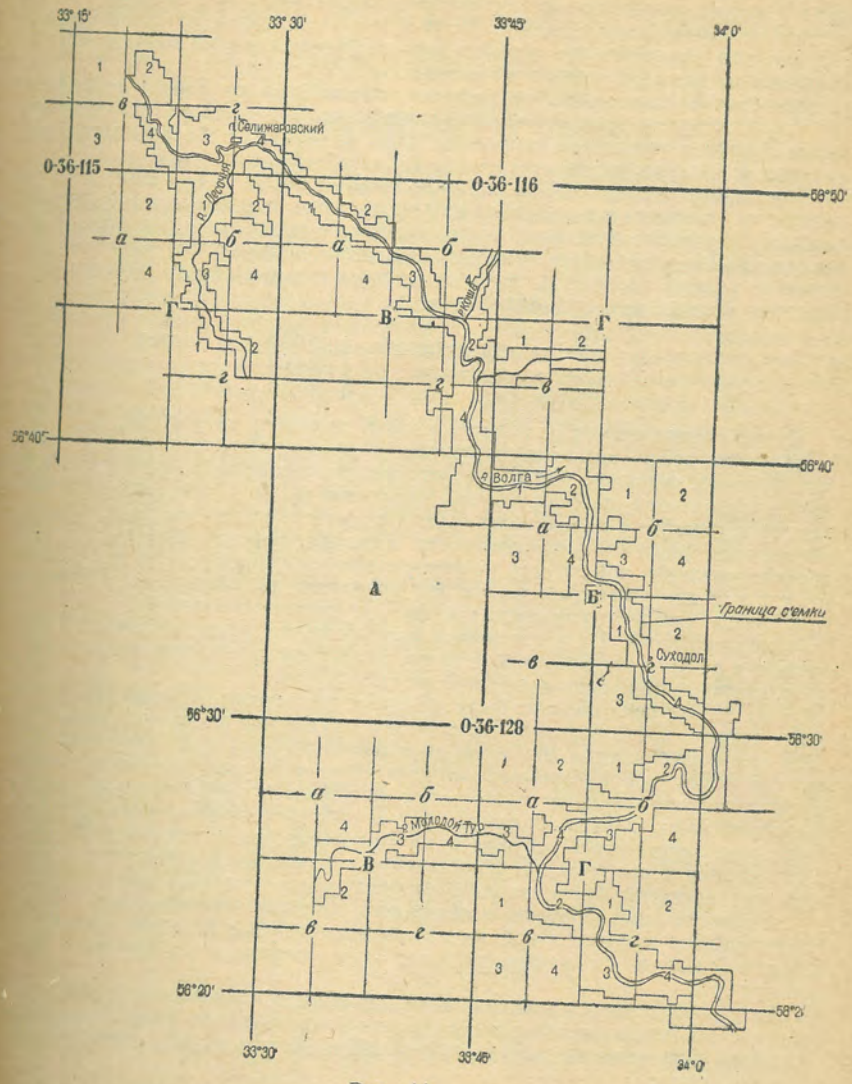


Рис. 44.

границу съемки, могут быть точки, закрепленные на местности, координаты которых определены аналитически для съемки в м. 1 : 25 000 с точностью не менее 2,5 м, а для м. 1 : 10 000 — 1 м. так и точки на плане, являющиеся пересечением произвольно выбранных линий меридианов и параллелей, незакрепленные на местности.

При съемке неполными трапециями, независимо от формы границы съемки, к каждому топографическому описанию обязательно прилагается схема границ с указанием координат точек поворота, определенных аналитически или графически.

При производстве съемок в м 1 : 5 000, 1 : 2 000 и 1 : 1 000 частями планшетов, границы их должны быть определены или внешним контуром отводимого участка или, при отсутствии такого контура, резко выраженными живыми урочищами (берега рек и озер) и искусственными сооружениями (линия застройки, полотно железных и шоссейных дорог) или линиями абсцисс или ординат кратными:

100 м	для	масштаба	1 : 5 000
40 »	»	»	1 : 2 000
20 »	»	»	1 : 1 000

Схема расположения планшетов съемки показана на рис. 44.

В местах предполагаемых сооружений плотин по осям таковых и по створам буровых скважин, для более детального освещения рельефа поймы в этих направлениях прокладываются поперечные профили через всю пойму до заданных отметок с нивелировкою их и с промерами глубин реки. Иногда поперечные профили прокладываются в местах, характеризующих общий характер рельефа поймы, для уточнения существующих рельефных планов и карт или для освещения поймы для предварительных подсчетов объемов предполагаемых водохранилищ, границ и площадей затоплений.

При значительной ширине поймы поперечные профили разбиваются нормально к общему направлению долины, а при узких, т. е. при наличии крутых берегов, нормально к течению реки.

При съемке реки должны быть нанесены урезы воды, крутые берега или яры, отмели, косы, острова, различные сооружения, знаки на реке и пр. Для освещения рельефа дна русла производятся промеры глубин реки, а для определения уклонов реки—нивелировка горизонтов воды; на основании этих материалов производится составление продольного профиля реки. Особое внимание должно быть обращено на точность нивелировки вдоль реки, на надежное закрепление реперов и на занивелирование всех водопостов и искусственных сооружений. Нивелировка должна быть привязана к реперам государственной нивелировки, имеющим уравненные абсолютные высоты.

в) **Камеральная обработка и материалы, получаемые в результате съемки.** В результате окончательной камеральной обработки полевых материалов съемки реки и ее поймы должны быть получены следующие материалы:

1) план поймы реки в заданном масштабе с изображением рельефа поймы и дна реки горизонталями; план должен быть вычерчен тушью по утвержденным условным знакам; в случае необходимости с него снимается на кальку копия;

2) продольный профиль реки;

3) поперечные профили;

4) каталоги координат тригонометрических и других пунктов и абсолютных высот реперов и марок с приложением схем триангуляций и мест расположений тригонометрических пунктов, реперов и марок;

5) сборная карта съемочных планшетов;

6) все вычисления и полевые журналы;

7) технический отчет о работе с оценкой точности полученных результатов;

8) топографическое описание и фотоснимки.

2. Съемка озер и других водоемов

Съемка озер производится с целью использования их: а) для судоходства, б) в качестве водохранилищ для дополнительного питания рек, в) для получения гидравлической энергии, г) для целей орошения и др.

В зависимости от стадии проектирования съемки производятся рекогносцировочные или инструментальные. Масштаб съемок зависит от цели изысканий и от стадии проектирования.

Инструментальные съемки в плановом отношении основываются на триангуляциях разных классов в зависимости от величины озера и водоема и от масштаба съемки. В зависимости от конфигурации и размеров озера пункты триангуляционного ряда могут располагаться по обоим берегам озера, если оно имеет продолговатую форму, или на одном берегу, если оно большое и круглое; в последнем случае триангуляционный ряд должен быть замкнут в полигон. Если круглое озеро имеет на средине остров, то выгоднее развить центральную сеть триангуляции. При съемке небольших озер для обоснования их прокладывается вокруг озера полигонометрия.

Для высотного обоснования съемки и для занивелирования реперов и рабочих горизонтов воды для приведения их к условному горизонту производится техническая нивелировка.

Граница съемки находится в зависимости от цели съемки и дается в задании определенной отметкой или шириной береговой полосы. Одновременно с производством съемки производятся и промеры глубины озера, если таковая работа была предусмотрена заданием. При промерах глубин наиболее тщательно исследуются наиболее мелкие места, отличающиеся более сложным рельефом, чем в глубокой части озера. В результате промеров рельеф дна озера должен быть получен с тою же точностью, как и рельеф береговой полосы. В результате произведенных промеров на планах проводятся изогипсы или изобаты (линии равных глубин) в зависимости от задания.

Съемка береговой полосы озера или водоема производится или мензульная или тахеометрическая — в зависимости от сложности рельефа, ситуации и от масштаба съемки. В закрытых местах со спокойным пологим рельефом съемку в масштабе 1 : 10 000 и крупнее предпочтительнее производить тахеометрическую, во всех же остальных случаях — мензульную.

Съемочные планшеты вычерчиваются по утвержденным условным знакам.

3. Съемки водоразделов

а) **Общие замечания.** Съемки водоразделов преследуют цель получения высотного плана таковых для разрешения вопроса соединения сплошным водным путем соседних речных систем, вопроса водоснабжения и мелиорации.

В зависимости от стадии проектирования съемки производятся рекогносцировочные и точные инструментальные.

Точные инструментальные съемки в свою очередь разделяются на ленточные, т. е. производимые по определенным направлениям со съемкой узкой полосы, и площадные, захватывающие определенные районы.

Рекогносцировочные съемки производятся всегда по намеченным на основании имеющихся планово-высотных материалов направлениям с целью выявить в общих чертах свойства и характер водоразделов для предварительного решения вопросов о возможности соединения сплошным водным путем соседних речных систем, проведения каналов с той или иной целью и получить данные, необходимые для разрешения вопросов использования водных сил. Рекогносцировочные съемки обычно предшествуют точным инструментальным съемкам.

Выбор наивыгоднейших направлений производится на основании учета следующих элементов: 1) характера рек, входящих в водные соединения; 2) возможной длины водного канала, соединяющего водные системы; 3) высоты водораздельного бьефа и характера продольного профиля; 4) условия питания водораздельного бьефа; 5) ориентировочной стоимости водного соединения и его эксплоатации и ряда других в зависимости от задания.

Для самотечных каналов, ирригационных и гидросиловых, существенную роль играет еще предельный уклон, допускаемый для канала при данных его размерах. По намеченным направлениям и производятся или ленточные съемки или площадные, захватывающие все намеченные направления.

Всем видам съемок водоразделов предшествует предварительный объезд водоразделов по намеченным направлениям с целью ознакомления с ними на местности и уточнения плана предстоящих топографо-геодезических работ. В результате объезда некоторые варианты могут отпасть как не рентабельные, и могут быть выявлены новые более выгодные направления.

б) **Планово-высотная основа съемок.** В плановом отношении съемки водоразделов основываются на триангуляциях разных классов, а в высотном — на точных и технических нивелировках. При съемках же узких полос (ленточные съемки) таковые могут основываться на пунктах точной или оптической полигонометрии и даже на магистральных ходах (полигонометрия VI класса). Рекогносцировочные же съемки иногда основываются на тахеометрических ходах.

При ленточных съемках триангуляция прокладывается в виде рядов, состоящих из треугольников, а при площадных триангуляцией покрывается вся снимаемая площадь. В высотном отношении съемки основываются на реперах, высоты которых определяются точной и технической нивелировкой в зависимости от задания, масштаба съемок и сложности водных соединений. Нивелировка обычно ведется по магистрали. При рекогносцировочных съемках, основанных на магистральных ходах, для выяснения рельефа и подсчета земляных работ применяется поперечная нивелировка.

в) **Состав съемки и масштабы ее.** При ленточных съемках (для каналов) минимальная ширина полосы съемки принимается около 250 м; обычно же ширина полосы съемки определяется отметками гребней проектируемых подпорных сооружений плюс 2—5 м, в зависимости от крутизны скатов. Таким образом должны быть сняты все земли, которые могут подвергнуться затоплению и подтоплению; кроме того должно быть соблюдено условие, чтобы от уреза ожидаемого подпорного горизонта воды была снята полоса на ширину не менее 50 м.

Как ленточные, так и площадные съемки обычно производятся мензульные на планшетах в географических или прямоугольных рамках в зависимости от масштаба съемки.

Для получения материалов об общей характеристике водораздельных районов съемка обычно производится в масштабе 1 : 25 000 с сечением рельефа через 5—2 м. Для более детального освещения окончательно выбранных направлений и районов съемка производится в масштабах 1 : 10 000 и даже 1 : 5 000 с сечением рельефа через 1 м по высоте. Места, намеченные под сооружения, снимаются в масштабах от 1 : 10 000 до 1 : 1 000 в зависимости от стадии проектирования и от задания. Одновременно с производством съемок производятся промеры глубин на реках, озерах и прудах с таким расчетом, чтобы на основании их можно было провести горизонтали через заданные сечения.

Съемочные планшеты вычерчиваются по утвержденным условным знакам.

г) **Материалы, получаемые в результате съемки.** В результате произведенных съемок водоразделов представляются нижеследующие материалы:

1) общая карта водораздела;
2) технический отчет о произведенных работах с указанием их точности и стоимости;
3) планы водоразделов в заданных масштабах со сборной картой;
4) продольные профили исследованных вариантов;
5) каталоги тригонометрических и других пунктов, реперов и марок;
6) все вычисления, полевые журналы и прочие документы.

Продольные профили составляются по основным вариантам каналов или трасс других дериваций в масштабах: для горизонтальных расстояний 100 или 250 м в 1 см, а для вертикальных 1 или 2—2,5 м в 1 см.

На подробном профиле в горизонтальных графах помещаются следующие данные:

1) ситуация местности по линии профиля;
2) отметки точек перегибов земной поверхности;
3) расстояния между точками перегибов земной поверхности по линии профиля;
4) отметки дна проектируемого канала (тоннеля, трубопровода);
5) километраж по профилю от начального его пункта;
6) углы поворотов оси канала, радиусы закруглений, длины кривых и тангенсов;
7) схематический план расположения канала (тоннеля, трубопровода).

Кроме того на подробном профиле показываются:

1) репера, их номера и абсолютные высоты;
2) профиль земной поверхности по оси проектируемого канала (тоннеля, трубопровода) черным цветом;
3) профиль дна проектируемого канала (тоннеля, трубопровода) по его оси (красным цветом);
4) высокие и низкие горизонты воды, изображаемые короткой чертой (зеленого цвета) в том месте, где они определялись инструментально, с указанием года, месяца и числа, к которому они относятся;
5) в местах пересечения трассой канала (трубопровода), озер, рек или речек — высокие и низкие горизонты последних (зеленой чертой) с указанием года, месяца и числа, к которому они относятся.

Сверху графического профиля на соответствующих местах по расстоянию и по высоте условными знаками обозначаются города, промышленные предприятия, колхозы, совхозы и т. п.

В местах, где определялся расход воды, на профиле выписываются: наибольшая поверхностная скорость (в секунду), средняя скорость, площадь живого сечения в кв. метрах, расход воды в куб. метрах в секунду и высота горизонта воды, при котором был определен расход. Кроме того, на профиле оставляются несколько свободных граф для нанесения проектных отметок, уклонов и других данных.

4. Съемки болот и заболоченных угодий

Съемки болот и заболоченных угодий производятся главным образом с целью осушения для последующего использования их под посевы или под разработку торфа.

Съемки обычно производятся в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5 000 с сечением рельефа по высоте через 1,0—0,5 м с полугоризонталями в характерных и пологих местах через 0,5—0,25 м.

В зависимости от величины болот, их проходимости и закрытости—плановыми обоснованиями для съемок могут быть триангуляции разных классов, полигонометрия и замкнутый магистральный ход. Высотным же обоснованием является техническая нивелировка, обычно прокладываемая по дорогам и по повышенным местам с целью получения возможно большей точности. При нивелировке по болоту ножки треноги нивелира необходимо устанавливать на прочно забитые в грунт колья; рекомендуется устраивать специальные подмости для нивелировщика.

Рейки, во избежание их осадки, необходимо устанавливать на прочно забитые в грунт колья достаточной длины.

Съемка болот и заболоченных угодий может быть произведена мензулой, тахеометром, разбивкою сети квадратов и поперечниками. При залесенности болот и при сложности рельефа предпочтение следует отдать мензульной и тахеометрической съемкам, а открытые и легко проходимые болота могут сниматься посредством разбивки сети квадратов и поперечниками — в зависимости от конфигурации болота.

Поперечные профили для съемки рельефа болота проводятся как по прямым, так и по ломаным линиям, с обходом особо топких мест. Расстояния между поперечниками определяются сложностью рельефа. При пересечении поперечниками озер или протоков по линиям пересечений производятся промеры глубин.

Все плановые и высотные пункты должны быть надежно закреплены, так как в дальнейшем они будут служить исходными пунктами при осуществлении проекта осушения и для последующего использования осушенных земель.

Съемки производятся на планшетах в географических или в квадратных рамках и вычерчиваются по утвержденным условным знакам.

Литература к главе III

1. Александровский Н. М., Красовский Ф. Н. и Чеботарев А. С. Курс геодезии, под редакцией проф. Ф. Н. Красовского, ч. II. Гос. изд., 1930.
2. Проф. Близняк Е. В. Производство исследований рек, озер и водоразделов. Гострансиздат, 1933.
3. Гришин М. М. Гидротехнические изыскания. 1927.
4. Токарский И. М. Наземная стереофотограмметрия. Изд. ГАИМК, Ленинград, 1931.
5. Инструкция по геодезическому обоснованию и производству топографической съемки в м 1:10 000, изд. ГУГСК НКВД, 1936 г.
6. Техническая инструкция по съемкам крупного масштаба 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, утвержденная Государственным междуведомственным геосоветом в 1934 г., изд. 1935 г.

ГЛАВА IV

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

К специальным топографо-геодезическим работам относятся:

1) трассировки каналов, оградительных валов и дамб и разбивки тоннелей и штолен;

2) ограничения земельных площадей: установление границ водосборов затоплений и подтоплений;

3) разбивки сооружений на суше и на воде и

4) рекогносцировки, в которые входят маршрутные съемки и барометрические нивелировки.

§ 12. Трассировки и ограничения территорий

Трассировка (разбивка) заключается в перенесении на земную поверхность окончательно выбранного по карте или по топографическому плану направления оси канала, или оградительного вала и дамбы, или дороги, или тоннеля и т. п., которое удовлетворяло бы всем техническим условиям, указанным в инструкции и в задании. Ограничение территории, например, будущего затопления или подтопления заключается в намечении на месте знаками границ затоплений и подтоплений.

Трассировка состоит из нижеследующих отдельных видов работ: вешения прямых линий, измерения углов, разбивки закруглений, измерения длин линий с разбивкою пикетажа или без разбивки и из нивелировки.

Наличие точного плана местности с изображением горизонталями рельефов значительно облегчает как выбор наивыгоднейшего в топографическом отношении направления проектируемого канала, вала или тоннеля и т. п., так и осуществление запроектированных сооружений на местности.

1. Трассировка каналов

а) **Общие замечания.** Каналы проектируются:

1) для нужд судоходства, 2) для пропуска известного количества воды в местность, нуждающуюся в орошении, 3) для осушения местности, 4) для использования энергии воды, водоснабжения и т. п.

Проектирование каналов в зависимости от стадии проекта ведется или по гипсометрическим картам с рекогносцировочной поверкой выбранных направлений или по точным топографическим планам в масштабах 1 : 25 000 или 1 : 10 000.

Ось канала в плане состоит из прямых линий, пересекающихся под разными углами и сопрягающихся окружностями разных радиусов.

Трассировке каналов обычно предшествует исследование местности не только в топографическом, но и в геологическом и в гидрологическом отношениях. Довольно часто наивыгоднейшее в топографическом отношении направление канала бывает неприемлемо по геологическим условиям.

При проектировании судоходного канала обычно даются начальные и конечные пункты канала. В ирригационных и гидросиловых каналах с особой тщательностью и с учетом всех технических условий должен быть выбран начальный пункт канала для устройства головного сооружения канала, откуда ведется уже вся его трасса. Необходимо предусмотреть и конечный пункт магистрального канала для отвода неиспользованной при орошении воды или расположения гидростанции (для силового канала).

В осушительных каналах при проектировании прежде всего должен быть выявлен конечный пункт такового, т. е. место сброса воды.

В зависимости от вышеизложенного трассировки начинаются: а) судоходных каналов — с начального или с конечного пункта канала, б) ирри-

гационных магистральных или деривационных каналов — с пункта головного сооружения и в) осушительных каналов — с конечного пункта, т. е. с места сброса воды в реку или в озеро.

б) **Ход трассировки.** Трассированию каналов предшествует рекогносцировка, в процессе которой выявляется соответствие местности, сохранность реперов и тригонометрических пунктов, поставленных в процессе производства изысканий, а также наличие местных предметов, которые могут служить как ориентировочные пункты.

Начальный пункт надежно закрепляется на местности и привязывается как в плановом, так и высотном отношении не менее как к трем постоянным пунктам местности. Направление первой линии определяется по истинному азимуту или по измеренным на плане углам между местными предметами и направлением первой линии. Линия вешится, и длина ее измеряется стальной 20-м лентой; на линии разбивается пикетаж с плюсовыми точками в местах перегибов профиля. На провешенной линии откладывается расстояние, взятое с плана между начальным пунктом и первым углом проектной трассы канала. Таким образом получается на местности первая угловая точка, которая закрепляется деревянным столбом. Правильность положения ее на местности поверяется по тригонометрическим пунктам, по местным предметам и по реперам и маркам. По измеренному на плане углу дают направление второй линии на местности, которое поверяется по тригонометрическим пунктам или по пунктам магистрали, проложенной для обоснования съемки, и по местным предметам. Затем от угла откладывают величины ранее вычисленных тангенсов и пикетаж ведут по кривой. Здесь же необходимо убедиться в правильности принятой величины радиуса по наивыгоднейшему отстоянию от угла средины кривой. Так продолжают далее до конечного пункта, причем каждую угловую точку по возможности поверяют по ранее определенным координатами пунктам и по местным предметам.

Для подсчета земляных работ на каждом пикете и в характерных местах разбивают поперечники такой длины, чтобы можно было полностью вычертить откосы дамб и сооружения, необходимые по местным условиям.

Протрассированная ось канала и поперечники нивелируются: канал технической нивелировкой III или IV разряда, поперечники — V разряда; нивелировка возможно чаще должна привязываться к ранее определенным реперам и маркам и уравниваться между ними, если они были определены с надлежащей точностью. На основании материалов, полученных в результате трассировки канала, составляются профиль по оси канала и поперечные профили, на основании которых производится уточнение проекта канала. В процессе нивелировки по оси канала должны быть занивелированы устья буровых скважин и шурфов для составления геологического профиля по оси канала, без которого проектирование большого канала невозможно.

Трассировка ирригационных магистральных, осушительных, деривационных и гидросиловых каналов производится вышеуказанным же способом с той разницей, что приходится иногда вешить линии по заданному уклону, сверяя полученные данные с имеющимся планом.

Недоступные для измерения расстояния, которые могут встретиться на направлении оси канала, определяются аналитически. Особое внимание должно быть обращено на надежное закрепление протрассированной оси канала.

Наибольшие трудности при трассировании представляют горные местности с узкими и извилистыми долинами и закрытые места со сложным рельефом.

Не реже чем через 1 км по оси канала закладываются репера; вблизи будущих значительных сооружений репера закладываются чаще и постоянного типа. Отметки реперов должны быть определены с точностью, соответствующей запроектированному уклону дна канала.

При пересечении оси магистрального ирригационного канала речек и оврагов должны быть собраны данные, необходимые для запроектирования акведука или сифона (дюккер) для переброски всего расхода воды магистрального канала через вышеуказанные препятствия.

Места пересечений должны быть сняты в крупных масштабах (1 : 2 000 или 1 : 1 000).

Если в процессе трассировки выяснится недоброкачественность топографического материала, на основании которого был выбран окончательный вариант канала, необходимо предварительно исправить или сделать вновь съемку, по которой должен быть исправлен и проект, после чего уже можно производить трассировку канала.

2. Разбивка тоннелей и штолен

а) **Опорная сеть.** Разбивка тоннеля производится на основе триангуляции V класса (по длине сторон), которая обычно прокладывается в направлении тоннеля в виде цепи треугольников. Триангуляция прокладывается с повышенной точностью против триангуляций, необходимой для обоснования съемок в масштабах 1 : 2 000, 1 : 1 000 или 1 : 500 этого же района, на основании которых в процессе составления проекта намечаются начальная и конечная точки и ось будущего тоннеля и места сооружений, связанные с тоннелем. Между пунктами триангуляции может быть проложена полигонометрия III класса.

Триангуляция для обоснования съемки прокладывается или в виде самостоятельной цепи с измерением одного или двух базисов (на концах цепи) и с определением на таковых истинных азимутов, иногда же триангуляция прокладывается между двумя тригонометрическими пунктами высших классов государственной триангуляции и уравнивается между таковыми при условии получения допустимых расхождений. Высоты пунктов триангуляции определяются двойной технической нивелировкой III или IV класса по башмакам.

б) **Трассировка тоннеля на поверхности земли.** Разбивка тоннеля начинается с определения на местности начальной, конечной и, если возможно, то и промежуточных точек тоннеля, намеченных на плане. Желательно, чтобы эти пункты были и пунктами триангуляции, что значительно уточнит и облегчит разбивку тоннеля.

Начальная, конечная и промежуточные точки тоннеля находятся на местности на основании данных, полученных графически с плана, а именно: углов, измеренных на ближайших к точкам тригонометрических пунктах между направлениями на тригонометрические пункты и на начальную, промежуточную или конечную точки запроектированного тоннеля и расстояниями между тригонометрическими пунктами и начальной, промежуточной и конечной точками тоннеля.

Когда эти точки определены на местности, трассируют ось тоннеля на поверхности земли, а также и сопрягающиеся с нею оси. Если ось тоннеля представляет прямую линию, то трассировка ее сводится к вешению линии с помощью теодолита между двумя заданными точками. Как начальная, так и конечная точки тоннеля, а равно и промежуточные точки закрепляются на местности каменными или прочными деревянными столбами, на которых при вешении линий устанавливается теодолит; на верхней поверхности

столбов отмечается центр теодолита и прочерчивается направление оси тоннеля.

Объектами наведений при вешении линии служат подвижные марки, устанавливаемые на переднем столбе по теодолиту при двух положениях вертикального круга. Марки устанавливаются на подставках, на которых затем устанавливается сцентрированный с маркою теодолит. Определенные промежуточные точки тоннеля поверяются путем привязки их к триангуляционным пунктам.

Если же ось тоннеля криволинейна, то кривую на поверхности земли не разбивают, а лишь отмечают точки начала и конца кривой.

Расстояние между крайними точками тоннеля определяется или непосредственным измерением, если позволяет местность, или с помощью точной или оптической полигонометрии и поверяется путем вычисления по координатам или непосредственно по плану.

в) **Разбивка тоннеля или штольни.** Если путем последовательной трассировки по поверхности земли оси тоннеля от начальной точки к конечной точке мы придем с допустимой точностью, тогда ось тоннеля можно будет переносить внутрь земли на основании тех же данных путем последовательного вешения линии по методу трех штативов. Отличием от разбивки оси на поверхности земли является следующее:

1) теодолит устанавливается на треноге или на специальном кронштейне, причем центр его и направление оси тоннеля фиксируются на шпалах и на верхних крепях тоннеля;

2) расстояния между штативами благодаря плохой видимости в тоннеле берутся в среднем около 100 м и не более 200 м;

3) для установки переднего штатива строго в направлении оси тоннеля применяются световые марки;

4) внутри тоннеля разбивка кривых производится по способу последовательных хорд.

Одновременно с разбивкою направления оси тоннеля ведется нивелировка, которой определяются отметки реперов и марок; последние служат исходными высотными данными для выработки дна тоннеля согласно проектным отметкам.

При длинных тоннелях для успешного выполнения строительных работ таковые разбиваются на отдельные участки протяжением по 3 км. В местах стыков участков закладываются на глубины до проектных отметок шахты, с которых в обе стороны начинается проходка тоннеля. В этом случае две точки оси тоннеля и третья вспомогательная переносятся на дно шахты с помощью тяжелого отвеса; от этих точек и производится разбивка оси тоннеля.

Для выявления детального геологического строения земли по оси тоннеля после разбивки таковой на поверхности земли через промежутки от 100 до 1000 м в зависимости от сложности геологического строения закладываются строго отвесно буровые скважины на глубину несколько ниже проектных отметок дна тоннеля.

В дальнейшем эти скважины служат контролем в правильности разбивки и проходки тоннеля.

Разбивка штольни представляет частный случай от разбивки тоннеля от начальной заданной точки. Штольни иногда закладываются наклонные, почему нивелировка в данном случае имеет существенное значение. В тех случаях, когда штольни закладываются для исследований залегания полезных ископаемых, для разрешения вопросов напластований пород, вопросов фильтрации и т. п., на основе проложенной магистрали обычно производятся съемка и изучение геологических деталей согласно заданию.

3. Трассировка оградительных валов и дамб

Проект оградительных валов и дамб с целью ограждения береговых участков земли от затопления составляется обычно на основе съемки в крупном масштабе 1 : 5 000 или 1 : 2 000 с учетом как меженних, так и максимальных паводочных горизонтов воды.

Трассировка оградительных валов и дамб заключается в перенесении запроектированной на плане оси вала или дамбы на местность и в закреплении ее.

Трасса увязывается с триангуляцией или с полигонометрией, послужившими обоснованием для крупномасштабной съемки береговой полосы, на которой запроектированы оградительные сооружения.

Трассировка их почти не отличается от трассировки каналов.

Контролем в правильности трассировки, кроме тригонометрических и полигонометрических пунктов, могут служить постоянные местные предметы и характерные точки берегов реки, озера или моря. Должно быть обращено особое внимание на надежное закрепление угловых точек трассы и реперов на таковой.

4. Ограничения земельных площадей

а) **Установление границ водосборов.** Границы водосборов обычно проходят по водоразделам рек и их притоков.

Установление границ водосборов рек и озер производится при гидрологическом обследовании бассейна реки или озера, в процессе которого должно быть обращено внимание на получение данных, влияющих на величину стока, а именно: на осадки, испарение, положение бассейна, форму, размер, топографию бассейна, уклоны, температурный режим, процессы замерзания и таяние, наличие озер и болот, ветры, растительность, геологические условия и т. д. На основании этих данных вычисляется величина стока.

Граница водосбора, в зависимости от стадии проектирования, может быть определена по имеющимся гипсометрическим картам и планам; при отсутствии их или при недостаточной точности производится мензульная съемка в масштабах 1 : 50 000 или 1 : 25 000 с изображением рельефа горизонталями.

Кроме того, определение площади водосбора может быть сделано путем полигонного хода по гребню водораздела, положение которого на местности устанавливается путем нивелировки (V класса) поперечников, нормальных к направлению гребня.

Поперечники разбиваются через 200—500 м, в зависимости от сложности рельефа и точности съемки.

Площади бассейнов как главной реки, так и ее притоков вычисляются планиметром или палеткой.

Для наглядности вычерчивается график нарастания площади бассейна на длине главной реки по левому и по правому ее берегам. Кроме того, иногда изображают круговой диаграммой процентное отношение площади бассейнов притоков к бассейну главной реки.

б) **Установление границ затоплений.** Для установления границ затоплений необходимо иметь следующие материалы:

1) план поймы реки в масштабах 1 : 50 000 — 1 : 10 000 в зависимости от стадии проектирования, с изображением рельефа местности горизонталями;

2) кривую подпора при определенной отметке гребня плотины для среднего меженнего горизонта, среднего и максимального паводочного.

Кривая подпора позволит на основании ее данных провести на плане с горизонталями границы затоплений, которые в свою очередь позволят вычислить площадь зеркала и объем водохранилища.

Особенно тщательно должен быть изображен рельеф на планах в районах промышленных предприятий, городских и колхозных поселений, разработки полезных ископаемых, так как от точности рельефа зависит и точность проведения границ затоплений.

При техническом проектировании в вышеуказанных местах прокладываются полигонометрические хода, которые привязываются к пунктам триангуляции, с помощью которых выявляются и закрепляются на местности границы затоплений.

в) **Установление границ подтоплений.** Под подтоплением подразумевается повышение горизонта грунтовых вод в связи с поднятием горизонта воды в реке или в озере.

Для определения границ подтоплений от подпертого верхнего бьефа необходимо знать геологическое строение поймы и берегов реки и залегание грунтовых вод, в зависимости от чего будет находиться подтопление.

Отметки подпертых горизонтов грунтовых вод по поперечным профилям долины даются гидрогеологами или проектировщиками, и задача топографа заключается в установлении на местности точек и линий, где подпертый горизонт грунтовых вод будет находиться на предельно допустимой глубине от поверхности.

Предельно допустимая глубина грунтовых вод от поверхности земли дается почвоведами и агрономами в зависимости от рода почв.

В промышленных предприятиях и в населенных пунктах при исследованиях необходимо учитывать возможность подтопления фундаментов сооружений, подвалов помещений и т. д.

Таким образом, граница подтоплений не превышает на постоянную величину границу затоплений, а в каждом отдельном районе может быть различной и должна быть изучена самостоятельно.

§ 13. Разбивка сооружений на суше и на воде

1. Общие сведения и геодезические измерения в период строительства

Под разбивкой сооружений подразумевается перенесение проекта сооружений с плана на местность в полном соответствии со всеми размерами и отметками. Для разрешения этих задач в дореволюционное время строительная практика применяла элементарные геодезические действия, которые при современном крупном строительстве не могут иметь места. Разбивка сооружений в настоящем является одной из ответственнейших работ инженерной геодезии.

В зависимости от расположения предполагаемых к постройке сооружений на суше или на воде применяются и разные методы разбивки сооружений.

Разбивка крупных промышленных или гидротехнических сооружений или мостов делается на основе высоко точной триангуляции. Если триангуляция, на основе которой была произведена съемка в масштабах 1 : 2 000 или 1 : 1 000, послужившая основанием для составления проекта сооружений, была проложена не с достаточной точностью для разбивки сооружений, то таковая прокладывается вновь. Триангуляция прокладывается от непосредственно измеренного базиса; координаты и азимут обыкновенно передаются от ближайшего ранее определенного тригонометрического пункта, который может быть включен в прокладываемую триангуляцию. Для контроля и выявления точности проложений триангуляции на другом берегу реки обычно измеряется второй базис.

Длина базисов в среднем около 500 м; они же являются исходными сторонами. При проложении триангуляции пункты размещают таким образом, чтобы они приходились на осях главных сооружений и вблизи крупных сооружений, чем облегчается и уточняется разбивка сооружений.

Одновременно с проложением триангуляции в дополнение к ранее заложенным реперам в местах, ближайших к сооружениям, закладываются постоянные надежные репера; высоты их определяются точной или повышенной точности технической нивелировкой по башмакам от ранее заложенных и увязанных реперов. Эти репера в процессе строительства служат исходными для определения отметок возводимых сооружений и для вертикальной планировки всего района сооружений и прилегающей к нему местности.

В процессе строительства на геодезическую часть, кроме плановой и высотной разбивки сооружений, возлагается наблюдение за деформацией сооружений, для чего в отдельные части сооружений заделываются марки и репера.

Наблюдения за осадками сооружений производятся систематически путем нивелировки заложенных стенных реперов в процессе постройки сооружений.

Наблюдения же за линейными смещениями ведутся в плоскости наибольших действующих сил.

Указать более детально общие приемы разбивки сооружений крупных строительств не представляется возможным, так как разбивки их находятся в зависимости от сооружений, мест их нахождений, от топографии местности, от расположения пунктов триангуляции, от намеченной последовательности производства строительных работ и от других причин.

При крупных строительствах одновременно с планом производства работ должен быть проработан высококвалифицированным инженером-геодезистом план производства разбивки сооружений, который должен быть включен в план производства работ. Разбивка же сооружений может быть поручена лишь опытному инженеру-геодезисту.

2. Разбивка сооружений на суше

Разбивка сооружений на суше начинается с трассировки на местности оси главного сооружения запроектированного промкомбината или узла крупных сооружений. Концы оси определяются по данным плана от тригонометрических пунктов проложенной триангуляции.

После разбивки оси по координатам, взятым с плана, с помощью теодолита и стальной рулетки разбиваются углы сооружений; некоторые из углов поверяются привязками к ближайшим тригонометрическим пунктам.

При разбивке же ряда мелких сооружений предпочтительнее проложить трассу или вдоль сооружений или в направлении двух тригонометрических пунктов, ближайших к направлению сооружений, с которой и производят по ординатам разбивку сооружений. Углы сооружений закрепляются на местности столбами длиною 0,75 м (с перекладиной внизу), закопанными в землю не менее 0,5 м. (Впоследствии углы выносятся на так называемую обноску из досок вдоль стен здания.) В торцы столбов в точках углов сооружений забиваются гвозди. Правильность разбивки сооружений поверяется по соответственно полученным расстояниям между сооружениями и расстоянием между ними на плане. Если не все крупные сооружения обеспечены реперами, то таковые закладываются дополнительно и высоты их

определяются нивелировкой от ближайших уравненных и надежных реперов. Углы сооружений разбиваются по теодолиту при двух положениях вертикального круга; особое внимание при этом должно быть обращено на тщательность центрировки теодолита над точкою стояния. Отметки заложения фундамента, цоколя, пола и других частей сооружений определяются нивелировкой от ближайшего репера.

3. Разбивка сооружений на воде

а) **Общие сведения.** Разбивка сооружений на воде начинается с трассировки оси главного сооружения от пунктов триангуляции. При проложении специальной триангуляции для разбивки сооружений обычно ось сооружения закрепляется на местности двумя или тремя тригонометрическими пунктами. При нешироких и неглубоких реках ось сооружения иногда закрепляется на временных деревянных свайных подмостях; по ним же производится непосредственное измерение расстояния прокомпарированной штриховой лентой (с натяжением ее динамометром равным натяжению при компарировании) между начальной точкой сооружения, определенной на одном берегу, и конечной, определенной на другом берегу. При точном определении на местности начальной и конечной точек измеренное расстояние должно совпасть с данным на плане в пределах точности его непосредственного измерения и графического определения положений начальной и конечной точек сооружений на плане. После этого на оси сооружений намечают продольные оси отдельных частей гидротехнического сооружения и места пересечений оси продольными перемычками.

Когда это сделано, приступают к разбивке перемычек, ограждающих котлованы будущих сооружений, причем углы таковых могут быть определены путем измерения ординат от оснований перпендикуляров на оси сооружения или путем засечки под измеренными на плане углами с трех определенных точек на оси сооружения. Определенные таким образом углы котлована отмечаются вехами, укрепленными в дно реки или установленными на плавучих небольших площадках, укрепленных на якорях. Эти вехи служат ориентировкой при устройстве подмостей для забивки шпунта перемычки или для устройства ряжевой перемычки.

Эта часть разбивки не требует исключительной точности, так как она касается вспомогательных сооружений для осуществления основного строительства.

После устройства перемычек и подготовки котлована для закладки фундаментов будущих сооружений переносят в таковой с подмостей ось сооружения и продольные оси отдельных частей сооружений, на основе которых уже производят детальную разбивку отдельных частей сооружений с помощью теодолита и стальной прокомпарированной рулетки. Отметка дна котлована определяется от ближайшего репера и доводится до проектной отметки. Вышеуказанная разбивка вспомогательных сооружений значительно упрощается, если она производится зимой, так как не требует устройства временных подмостей.

По мере возведения отдельных частей гидротехнического сооружения поверяется правильность их расположения как в линии главной оси сооружения, так и по расстоянию между продольными осями и боковыми стенками таковых.

Одновременно с плановой разбивкой производится и высотная разбивка, т. е. передача проектных отметок на сооружение, каковая выполняется точной нивелировкой. В процессе строительства производится наблюдение за деформацией отдельных частей сооружений как по высоте, так и по линейному смещению. При наличии слабых грунтов деформация предусматривается проектом и учитывается. При наблюдении за деформацией гидростанции в процессе строительства должно быть учтено отсутствие бокового давления на гидростанцию со стороны будущего подпертого верхнего бьефа реки, с учетом которого монтаж турбин иногда (при слабых грунтах) приходится делать не вертикально, а с некоторым предварительно вычисленным углом; это имело место при постройке Свирьской гидростанции и увенчалось успехом.

Если главная ось сооружения расположена по кривой линии, то таковая разбивается по ломаным линиям (по хордам), причем за угловые точки принимают точки пересечения осей сооружения, которые определяются непосредственным измерением расстояний штриховой лентой, и углов с ошибкою не более 6″ и поверяются тригонометрическим путем по пунктам триангуляции.

б) **Пример разбивки плотины Днепростроя *.** Примером разбивки крупных гидротехнических сооружений может служить разбивка плотины на Днепре и железнодорожных мостов через Старый и Новый Днепр.

Предварительные работы

Разбивке днепропетровских сооружений предшествовало исполнение нижеследующих тригонометрических работ:

1. Измерение двух базисов прибором Иедерина на обоих берегах реки Днепра вблизи оси плотины длиною около 750 м каждый.
2. Установление 9 пунктов триангуляции I класса и 11 пунктов II класса (по точности наблюдений).
3. Произведено наблюдений на пунктах I класса по способу Шрейбера и с них же направлений на пункты II класса и на пунктах II класса по способу круговых приемов. В результате произведенных вычислений длина условной оси плотины получилась с ошибкой +2,7 мм, что составляет около 1 : 300 000 ее длины.
4. Вычисление плоских прямоугольных координат пунктов I класса с точностью до миллиметра и II класса — до сантиметра.

Продольная ось плотины представляла собой часть окружности длиною около 800 м, описанной радиусом, равным 600 м; высота плотины — около 40 м.

Одновременно с триангуляцией была произведена прецизионная нивелировка, причем план расположения реперов и марок был составлен заблаговременно; некоторые марки были заложены в малодоступных местах, как, например, в глубоких котлованах плотины, подходы к которым с нивелировкой был сопряжен с большими трудностями.

Расстояния от нивелира до рейки колебались от 2 до 50 м. Средняя случайная ошибка нивелировки получилась равной ±1,05 мм, а средняя систематическая ошибка $\sigma = \pm 0{,}26$ мм.

Разбивка плотины

Исходными данными для разбивки плотины послужили координаты центра плотины (точка *o*) *a* и *b* и начала плотины (точки *A*) *c* и *d*, отнесенные к условной оси плотины п. 8—п. 6, которые были даны проектным отделом (рис. 45). По плану производства работ возведение бычков («гребенки») пло-

* Данные взяты из статьи А. В. Нуварьева, помещенной в журнале «Геодезист» за 1933 г., № 5—6.

тины велось одновременно с обоих берегов, для чего правый и левый протоки р. Днепра были закрыты ряжевыми перемычками, заполненными камнями и песком.

Пространство, ограниченное перемычками, образовало глубокий котлован для расположения части плотины. Плотина имела 47 бычков, продольные оси которых были направлены на точку *О*; расстояния между осями бычков по дуговой оси плотины равны 16,25 м.

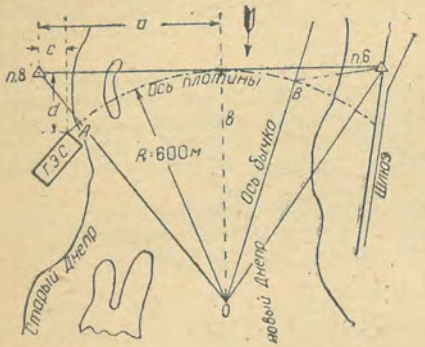


Рис. 45.

Разбивку продольных осей бычков из глубокого котлована, в котором были сосредоточены действующие механизмы, произвести было нельзя; перемычки для этой цели тоже не были пригодны. Поэтому для разбивки бычков в центре кривой плотины в точке *О* была построена специальная бетонная башня (рис. 46). Положение башни и центра кривой на столике было задано углами при п. 8 и 6. На столике в центре кривой был установлен целик и произведено измерение углов 5″ теодолитом Гильдебранда способом круговых приемов 6 приемами на пунктах 8, 6 и на *О*. Угловая ошибка в треугольнике п. 8, 6 и *О* получалась равной +1″,8, которая была разверстана поровну на все углы, а затем были вычислены координаты целика. Расхождения вычисленных координат с проектными a и b были построены на бумаге в натуральную величину и с нее перенесены на столик. Затем были произведены повторные измерения углов, которые не дали никаких отклонений от проектных. Разбивка радиальных осей бычков была произведена следующим образом: был вычислен центральный угол, соответствующий дуге длиною в 16,25 м при радиусе равном 600 м; затем была составлена таблица направлений от п. 8 для всех бычков, причем предварительно был вычислен угол α между направлениями на п. 8 и радиальной осью первого бычка: дальнейшие направления на оси бычков получались путем суммирования $\alpha+\beta$, $\alpha+2\beta$, $\alpha+3\beta$... $\alpha+k\beta$ и т. д. Разбивка производилась в следующем порядке.

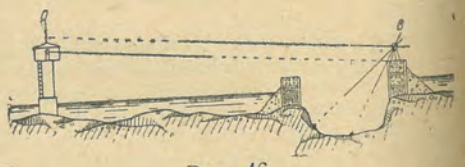


Рис. 46.

1. Получив задание на разбивку бычка с номером *К*, наблюдатель наводил трубу теодолита на п. 8 и закреплял алидаду, а затем открепляя лимб и подводил нулевой штрих лимба под микроскоп *А*.

2. Затем наблюдатель ставил алидаду на отсчет $\alpha+(k-1)\beta$ и закреплял это направление на перемычке специальным стальным окрашенным целиком.

3. Затем угол п. 8—*О*—*В* (целик) измерялся I″ теодолитом 6 полными круговыми приемами. Расхождение полученного угла с предварительно вычисленным давало редукцию в угловой величине (в секундах); затем определялось расстояние от центра кривой, т. е. до целика, путем прямой засечки с тригонометрических пунктов, которая выполнялась вторым наблюдателем. По полученному расстоянию и по угловой величине вычислялась линейная величина редукции в миллиметрах, на которую и передвигался целик в соответствующую сторону (точка *В*).

После получения точки *В* на перемычке, которая лежала на радиальной оси бычка *К*, второй наблюдатель переходил с тригонометрического пункта на перемычку и устанавливал 1″ теодолит Вильда под точкой *В* для перенесения оси бычка в котлован. Перенесение оси бычка в котлован производилось путем наведения трубы на шпиль «центра», который был сцентрирован со столбиком, и смещения трубы в вертикальной плоскости. Точка пересечения дуговой оси плотины с продольной осью бычка получалась или непосредственным отложением от точки *В* расстояния, равного *ОВ*-600 м, или путем засечек с тригонометрических пунктов I класса, для чего были предварительно вычислены все засекающие углы бычков.

Достаточная густота тригонометрических пунктов позволяла легко определять расстояния путем засечек. В случае определения расстояния этим способом схема работ оставалась такой же, как и при перенесении продольной (радиальной) оси бычка, лишь с тою разницей, что засекающий угол измерялся 1″ теодолитом Вильда тремя полными круговыми приемами.

Вышеописанными приемами точность разбивки достигалась ±1 см в положении бычка; такая же точность диктовалась и закладными частями плотины — шандорные щиты и щиты Стонея.

Разбивка других сооружений

Разбивка шлюза, сливной части плотины и гидростанции потребовала большого труда и внимания для разрешения этого вопроса геодезическим отделением строительства.

Кроме того, геодезической частью были проведены работы по трассировке линий электропередач высокого напряжения, разбивка подъездных путей, карьеров, рабочих поселков, канализации, водопровода и др.

Наблюдения за деформацией сооружений. С наступлением весеннего паводка были серьезные опасения относительно устойчивости перемычек, которые должны были противостоять напору воды. С целью предотвращения аварий, а равным образом и с исследовательской целью были поставлены наблюдения за деформацией верховых перемычек. Для этого на берегу в створе верховой перемычки до наступления паводка был установлен бетонный столб для установки теодолита, а затем по теодолиту в определенном направлении по измеренным расстояниям были забиты гвозди по два в каждую ряжевую клетку перемычки; затем был измерен угол α между этим направлением и направлением на ближайший тригонометрический пункт.

С наступлением паводка наблюдения за деформацией перемычки велись два раза в день и заключались в поверке угла α и в сохранности створа по забитым гвоздям. На гвозди, отклонившиеся от створа, измерялись углы 1″ теодолитом тремя полными круговыми приемами и по разности измеренных углов и угла α вычислялись линейные смещения элементов перемычек. Сводка смещений ежедневно представлялась в технический отдел строительства.

Геодезическим же путем разрешался вопрос и деформации бетонного завода, который был выстроен из дерева. При весьма значительных размерах в нем были размещены тяжелые механизмы; кроме того, он имел переменные нагрузки. Работы по наблюдению за деформацией завода были организо-

ваны аналогично наблюдению за деформацией перемычек. Наблюдения велись за линейными смещениями верхних частей здания в плоскости наибольших действующих сил. Для наблюдения в крышу завода были вбиты гвозди, углы между которыми и начальным направлением на постоянный предмет измерялись 1″ теодолитом примерно по перпендикулярам к вышеуказанной плоскости.

Разбивка железнодорожных мостов через Старый и Новый Днепр ниже Днепровской плотины (рис. 47).

Так как на продольной оси моста находились разные вспомогательные сооружения, полыньи, землесос и др., то поэтому произвести непосредственно измерения по оси моста не представлялось возможным, почему решено было определить их тригонометрическим путем. Берега р. Днепра в районе сооружения мостов не были пригодны для измерения базисов, почему таковые были разбиты и измерены на льду. Для уточнения данных измерения и контроля для каждого моста было измерено по два базиса, из которых один располагался по течению Днепра, а второй поперек. Подготовка базисов заключалась в удалении снега с линии базиса, после чего на расстоянии через 20 м были вморожены в лед деревянные остроганные пластинки размером 20×20 см. Створ базисов устанавливался по инструменту и отмечался на пластинках чертой. Одновременно на строившихся опорах над их геометрическими центрами были установлены знаки. Базисы измерялись 20-м стальной рулеткой, которая была прокомпарирована в Главной палате мер и весов (в г. Ленинграде). Натяжение рулетки производилось динамометром с силой в 5 кг. Было произведено по 4 измерения каждого базиса с отсчитыванием при измерениях показаний термометра. Кроме того было произведено нивелирование деревянных пластинок для приведения базиса к горизонту.

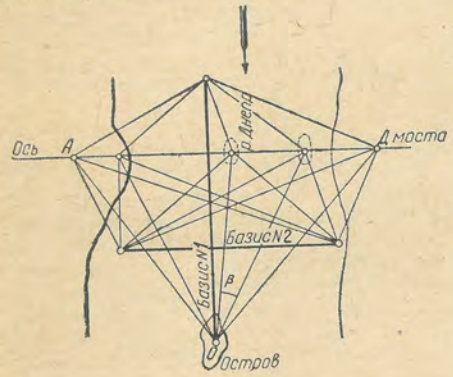


Рис. 47.

При работах на Новом Днепре длина первого базиса была равна 550 м, а второго — 330 м. Одновременно с измерением базисов было приступлено к измерению углов с концов базисов, а где было возможно — и с центров построившихся опор. Измерение углов производилось 5″ теодолитом Гильдебранда четырьмя полными круговыми приемами. Ошибка арифметической средины базиса получалась равной ± 7 мм, а ошибка измеренного угла ±5″,9. При сравнении вычисленного с двух самостоятельных базисов расстояния AD (рис. 47), соответствующего длине моста, было получено расхождение в 0,006 м. Максимальные расхождения в отдельных расстояниях достигали 0,021 м.

Для наблюдения в летнее и в весеннее время за правильным возведением бычков и устоев был использован скалистый остров, на котором до начала измерения базисов была заложена специальная бетонная площадка с базисным центром в середине (точка *O*).

§ 14. Маршрутные топографические рекогносцировки

Маршрутные топографические рекогносцировки чаще всего являются составною частью комплексных рекогносцировок — топографических, гидрологических и гидрогеологических, которые обычно выполняются одним комплексным отрядом.

Маршрутные топографические рекогносцировки обычно производятся или в совершенно неисследованных или в малоисследованных районах с целью получения планово-высотного материала для предварительного разрешения в зависимости от задания вопросов:

1) составления водного кадастра реки,

2) энергетического, транспортного и ирригационного использования реки;

3) предварительного изыскания наилучших вариантов проложения магистральных, деривационных, осушительных каналов, дорог и т. п.

1. Маршрутные хода

Топографическая часть рекогносцировки обычно производится упрощенными способами и базируется обычно на тахеометрических и мензульных ходах по главным направлениям и на буссольных — по второстепенным направлениям.

При наличии топографического материала в масштабах 1 : 25 000—1 : 50 000 маршрутный ход ограничивается определением высотных точек, которые с достаточной точностью могут быть определены на плане, и пополнением на таковом недостающих данных в соответствии с заданием.

а) **Мензульно-тахеометрические хода.** Маршрутно-рекогносцировочный ход производится мензулой с кипрегелем или тахеометром в масштабе 1 : 25 000 или 1 : 50 000 на планшетах в трапециях. Для построения рамки трапеции предварительно строится квадрат со стороною в 50 см, который разбивается на квадраты со сторонами в 10 см. Углы рамок трапеций и пункты тригонометрические и астрономические наносятся по прямоугольным координатам Гаусса-Крюгера, вычисленным по географическим координатам.

В случае отсутствия в районе работ опорных пунктов маршрутные хода обосновываются на астропунктах III класса, определяемых через 80—100 км.

Для правильной ориентировки хода через 20—30 км определяются по солнцу истинные азимуты направлений; буссольные хода ориентируются по истинному меридиану, определяемому по солнцу через 30—40 км.

При проложении тахеометрического или мензульного хода по заданному направлению расстояния между точками стояний с инструментом определяются дальномерно из двусторонних наблюдений вперед и назад и берутся средние из них; длинные расстояния определяются по частям. Для определения расстояний до боковых точек целесообразно применение стереодальномера Цейсса. Превышения определяются тахеометром или кипрегелем, взаимные при двух положениях вертикального круга. Вычисление расстояний, превышений и поправок за наклон линий производится с помощью таблиц Иордана или Тугулова.

В процессе проложения хода путем прямых засечек определяются вполне определенные точки местности, которые одновременно служат и контрольными точками при дальнейшем проложении хода. Углы в тахеометрическом ходе измеряются 30″ или 1′ теодолитом по способу круговых приемов одним полным приемом с перестановкою лимба между полуприемами.

В случае необходимости более точного определения высот точек хода последние определяются технической нивелировкой V разряда.

Съемка подробностей и рельефа производится преимущественно не сходя с маршрута, главным образом засечками; разрешается применять и дальномерные вертикальные рейки. В закрытых местах для выявления рельефа разрешается сходить с маршрута. В местах, требующих более подробного освещения района, прокладываются поперечники. Рельеф по маршрутному ходу изображается горизонталями через 2—5—10 м по высоте, в зависимости от масштаба плана и задания.

Для получения продольного профиля реки прокладывается тахеометрический или мензульный ход; при уклонах меньше 1 : 2 000 высоты точек определяются технической нивелировкой V разряда или тахеометром, а при уклонах свыше 1 : 2 000 — барометрическим нивелированием.

Все точки стояний с инструментом закрепляются на местности кольями, забитыми вровень с поверхностью земли, со сторожками, на которых пишутся номера стоянок. Места стоянок окучиваются землей или обкладываются камнями. Рекомендуется делать на ближайших к стоянкам деревьях насечки и надписывать на них номера стоянок.

Реперами служат деревянные столбы, обделанные пни и характерные точки скал и больших камней, которые отмечаются масляной краской. Репера инструментально привязываются к маршрутному ходу.

При проложении маршрутных ходов вдоль рек с целью получения материалов для предварительной проработки водноэнергетических или транспортных проблем необходимо брать регулярно высоты рабочих горизонтов воды через 1,0—1,5 км на плесах и в начале, в средине и в конце на каждом значительном пороге, а также и в устьях притоков. Кроме того, рабочие горизонты берутся против всех реперов. Необходимо также по местным признакам и по опросам местных жителей выяснить горизонты высоких вод и ледохода и брать их высоты. Все искусственные сооружения на реках или дорогах должны быть сняты, составлены чертежи их с указанием размеров, а отдельные части их занивелированы.

При исследовании реки необходимо произвести продольные промеры (по фарватеру) глубин реки; эти данные необходимы для составления продольного профиля реки.

б) **Буссольные хода.** При проложении буссольных ходов расстояния определяются шагами или глазомерно, а высоты точек барометрическим нивелированием; рельеф и ситуация по маршруту в заданных границах снимаются глазомерно.

в) **Собирание различных сведений.** При маршрутных рекогносцировках должны быть собраны нижеследующие сведения:

1) по орографии: общая характеристика поверхности района рекогносцировки, наинизшие и наивысшие точки, характерные изменения рельефа, овраги, сбросы, оползни и т. п.;

2) по гидрографии: описания рек и озер, средняя ширина их, глубина, уклоны, пороги, перекаты; судоходное и сплавное их значение, главные грузы и места погрузок; зарастание озер, болота и т. п.;

3) описание населенных пунктов: их названия, число дворов и жителей, занятия их;

4) промышленные предприятия: заводы, сырьевые базы их;

5) пути сообщения и их состояние;

6) леса и качество их; полезные ископаемые и др.

г) **Отчетные материалы.** В результате маршрутной топографической рекогносцировки должен быть представлен нижеследующий материал:

1) план в заданном направлении, границах и масштабе с изображением рельефа горизонталями;

2) продольный профиль реки; при дорожных изысканиях и при изысканиях направлений каналов — по линии хода;

3) поперечные профили поймы реки в местах предполагаемых гидротехнических сооружений в масштабах 1 : 100 или 1 : 200;

4) сборный план съемки в масштабе 1 : 500 000;

5) технический отчет с указанием задания, имевшихся материалов, характеристики их, организации и выполнения работ; исходные плановые-высотные пункты, их данные и местоположение; определение азимутов направлений, способ и точность определения; время производства работ, производительность и стоимость работ;

6) ведомость реперов;

7) ведомость притоков, порогов, перекатов;

8) список населенных пунктов;

9) ведомость отметок срезанного горизонта воды, точек дна и др., необходимых для составления продольного профиля реки;

10) опись полевых материалов;

11) альбом фотографических снимков.

2. Глазомерные съемки

а) **Общие задачи съемки.** Глазомерная съемка с барометрическим нивелированием преследует цель быстрого получения приблизительного представления о местности; она применяется при предварительных изысканиях и исследованиях в случае отсутствия картографического материала, а при наличии материала—неполноты его или недостаточной точности.

Глазомерные съемки бывают двух видов:

1) съемка узкой полосы по заданному направлению, определяемому крайними пунктами; такая съемка называется маршрутною;

2) съемка участков местности, имеющих значительное протяжение в длину и в ширину.

Маршрутные съемки производятся для быстрого освещения пойм рек, долин, водоразделов в заданных направлениях, существующих дорог и т. д.

Съемки же участков местности производятся с целью выразить условно общий характер рельефа местности для приблизительного представления о границах и площадях бассейнов рек и ручьев, для установления приблизительных границ затоплений и подтоплений, для освещения водоразделов и т. п.

б) **Инструменты съемки.** Для производства этого вида съемок необходимо иметь следующие инструменты:

1) ручной планшет или папку с прикрепленным компасом; при отсутствии компаса применяется буссоль Шмалькальдера или Бюрнье;

2) трехгранную деревянную масштабную линейку;

3) транспортир и 4) анероид.

Основные приемы глазомерной съемки те же, что и инструментальных съемок; они состоят в определении направлений, в измерении расстояний и в определении высот точек местности.

При наличии компаса направления наносятся графически, причем планшет ориентируют по магнитному меридиану; при отсутствии компаса—с помощью ручной буссоли измеряют азимуты отдельных направлений, которые затем с помощью транспортира наносятся на планшет. Большей частью при глазомерных съемках применяются оба способа — и графический и угломерный.

Измерение расстояний производится дальномерами разных систем, шагами человека и лошади, временем, скоростью звука и глазомером.

Для перевода измеренных расстояний шагами и по времени в метрические меры строятся масштабы шагов и времени.

Для откладывания измеренных расстояний на план употребляется масштабная линейка, на боковых гранях которой нанесены сантиметры, разделенные на миллиметры, и дюймы, разделенные на 20 частей.

Высоты точек местности определяются барометрическим нивелированием (см. ниже).

в) **Ход съемки.** Для получения наибольшей точности и быстроты съемки надо брать более длинные направления маршрутного хода. Выбранное направление хода должно быть замечено на местности каким-нибудь видимым предметом, находящимся на его конце. Такими предметами служат столбы, углы построек, отдельно стоящие деревья, отдельные кусты и т. д.

Нанесение на план ориентировочных пунктов (фабричных труб, шпилей высоких зданий, церквей, мельниц, отдельно стоящих деревьев), предметов местности, контуров и характерных точек рельефа местности (вершин, подошв скатов, седловин и т. д.) производится способом засечек и полярным способом (кругового визирования) с определением расстояний дальномером или глазомером.

Одновременно со съемкою местных предметов, контуров и характерных точек рельефа местности на плане пунктиром показывают вершины, седловины, направления лощин, хребтов, скатов и надписывают в градусах оцененные наглаз или простейшими эклиметрами углы наклонений; кроме того, частями горизонталей изображают отдельные характерные места рельефа и бергштрихами показывают направления скатов.

На основании этих данных и барометрически определенных высот отдельных точек местности, на плане проводят горизонтали, которые должны быть согласованы с надписанными на нем углами наклонения.

Для большей точности изображения рельефа горизонтали проводятся в поле, согласуя их с рельефом местности.

Относительные высоты точек местности могут быть определены и тахеометрически по углу наклона, измеренному эклиметром, и по расстоянию, определенному одним из вышеуказанных способов или приближенно, наглаз.

3. Барометрическое нивелирование

а) **Общие принципы.** Барометрическое нивелирование основывается на определении давления воздуха в тех точках местности, разность высот которых желают определить; применяется оно обычно там, где не требуется точного определения относительных высот точек земной поверхности, но в то же время требуется быстро определить разность высот этих точек, значительно удаленных друг от друга.

Барометрическое нивелирование основано на нижеследующем: а) при спокойном состоянии атмосферы давление воздуха на всех точках, имеющих одинаковые высоты, одинаково; б) давление на точках, ниже расположенных, больше, чем на точках, выше расположенных; в) высшие слои воздуха имеют меньшую плотность, чем низшие. Таким образом при барометрическом нивелировании принимают, что разность высот двух точек земной поверхности пропорциональна разности давлений воздуха в этих точках.

б) **Инструменты для барометрической нивелировки.** Давление столба воздуха на точках местности измеряется б а р о м е т р о м. Барометры бывают ртутные и пружинные, или анероиды.

Для беспрерывного наблюдения за изменением давления атмосферы употребляются б а р о г р а ф ы, графически отмечающие атмосферное давление.

1. А н е р о и д ы обычно употребляются при нивелировках в невысоких местностях с давлением воздуха от 600 до 800 мм. При нивелировках же высоких мест, свыше 2 000 м, анероиды непригодны и заменяются или ртутными барометрами или гипсотермометрами.

2. Р т у т н ы е б а р о м е т р ы. Ртутный барометр состоит из запаянной сверху стеклянной трубки, наполненной ртутью, нижний конец которой опущен в чашечку со ртутью. Сбоку трубки имеется шкала, по которой делаются отсчеты высоты ртутного столба в трубке от поверхности ртути в чашечке; поэтому, прежде чем сделать отсчет по шкале, необходимо совместить нуль шкалы с поверхностью ртути в чашечке, что достигается или перемещением самой шкалы или перемещением поверхности ртути в чашечке при помощи подвижного дна. Высота ртутного столба отсчитывается по шкале при помощи передвижного указателя с верньером.

К доске, на которой укреплен барометр, приделаны т е р м о м е т р, отсчеты которого служат для приведения показаний барометра к определенной температуре (обычно к нулю), и о т в е с и к для приведения в вертикальное положение шкалы. Для ртутного барометра употребляется химически чистая ртуть, добытая из киновари или промытая азотной или серной кислотой, которая извлекает примеси. Высота столба ртути в барометре выражает истинное давление атмосферы лишь в том случае, если верхняя часть трубки пуста, что определяется по резкому металлическому звуку. Глухой звук есть показатель наличия воздуха в трубке, при котором барометр негоден для наблюдений.

Для упаковки барометр сначала наклоняют так, чтобы верхняя часть трубки, заполнилась ртутью, а ртуть в чашечке выше перегородки скрылась в ее внутренности. После этого завинчивают пробку, а остаток ртути в чашечке выше перегородки сливают в склянку с притертой пробкой. Затем доску барометра закрывают другой доской с крючками и укладывают в кожаный чехол.

Во время переезда барометр держат все время опрокинутым чашечкою вверх. По приезде на место и снятии верхней доски барометр приводят в горизонтальное положение; затем, постепенно наклоняя чашечкою вниз, вывинчивают пробку и осторожно доводят трубку до вертикального положения. Во время экспедиций необходимо иметь с собою запасные стеклянные трубки, запаянные с одного конца, и ртуть.

Громоздкость ртутного барометра, неудобство его перевозки и особая аккуратность в обращении с ним в процессе работ заставляют многих изыскателей отказываться от них и при изысканиях отдавать преимущество барометрам-анероидам.

3. Г и п с о т е р м о м е т р ы. Атмосферное давление определяется с помощью гипсотермометров по температуре кипения воды (чистой дождевой или дистиллированной).

На основании опытов установлено, что с изменением давления на 2,7 мм температура кипения воды изменяется на 0,1°, а при изменении на 0,27 мм температура кипения изменится на 0,01°. При применении гипсотермометра желательно хотя бы приближенно знать температуру и влажность воздуха и широту места.

Ошибка определения атмосферного давления гипсотермометром больше (±0,25 мм), чем анероидом (±0,15—0,20 мм). При путешествиях гипсотермометр вследствие постоянства своих показаний может служить для поверки анероидов и для определения их коэфициентов.

Для кипячения воды служит небольшой металлический сосуд с двойной трубкой наверху. Внутрь этой трубки вставляется термометр с таким расче-

том, чтобы шарик его не погружался в воду, а находился лишь в парах ее. Под сосуд ставится спиртовая лампочка.

Вода кипятится не менее 10 минут, после чего производятся два-три отсчета по шкале гипсотермометра.

Перед поездкой в экспедицию и по возвращении рабочие гипсотермометры сравниваются с нормальными термометрами метеорологических обсерваторий.

Лучшими термометрами считались французские, мастера Бодена, из иенского стекла (завода Цейсс в Иене); у них вдоль трубки впущена красная нитка.

в) **Барометрическая нивелировка анероидами.** Барометрическое нивелирование обычно производится двумя барометрами-анероидами. Нивелирование с помощью одного анероида допускается лишь в случае, если данный участок можно занивелировать в течение одного дня, т. е. крайние точки отстоят друг от друга не далее 15 км.

Барометрическое нивелирование с двумя барометрами-анероидами производится: 1) замкнутыми полигонами и 2) в заданном направлении, например вдоль реки. Во втором случае работу необходимо закончить на пункте, высота которого над уровнем моря известна.

Для производства нивелировки партия должна быть снабжена следующими инструментами: двумя анероидами, двумя термометрами-пращами для определения температуры воздуха и двумя часами для определения времени наблюдений. Перед началом работ анероиды и термометры должны быть исследованы на метеорологической станции и иметь сертификаты.

В процессе производства нивелировки необходимо руководствоваться нижеследующими правилами:

1) анероиды должны сравниваться между собой на каждой станции;

2) расстояние между двумя смежными станциями не должно превышать 30 км, т. е. расстояния, которое можно сделать в один день;

3) нивелирование должно производиться преимущественно летом и в благоприятное время, т. е. при отсутствии гроз, дождей, туманов, заморозков и т. п.; при наступлении неблагоприятной погоды наблюдения надо прерывать;

4) нивелировка производится двумя наблюдателями, между которыми должна быть полная договоренность о времени наблюдений;

5) при перевозке анероида необходимо оберегать его от большой тряски и от резких толчков;

6) анероиды необходимо предохранять от действия солнечных лучей;

7) для преодоления трения в механизме анероида перед отсчетом необходимо постучать по стеклу анероида пальцем;

8) отсчет должен производиться при горизонтальном положении циферблата анероида;

9) вычисления разностей высот должны быть сделаны в две руки.

Барометрические превышения вычисляются по формулам барометрических ступеней высот и по формулам приближенных высот (примерно с одинаковой точностью).

Формулы барометрических ступеней высот следующие:

$$h = k\left(1 + E\frac{T_1 + T_2}{2}\right)\frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2},$$

или

$$h = \Delta H\,(B_1 - B_2),$$

где ΔH и есть барометрическая ступень, равная:

$$\Delta H = \frac{K}{2}\left(1 + E\frac{T_1 + T_2}{2}\right)\frac{1}{\frac{B_1 + B_2}{2}},$$

т. е. ΔH есть функция полусуммы давлений и полусуммы температур воздуха в двух точках, между которыми определяется разность высот.

В вышеприведенных формулах $E = 0{,}003665$, $K = 16\,014$*, T_1 и T_2 — температуры воздуха, B_1 и B_2 — давления, исправленные за постоянные барометра.

Формулы приблизительных альтитуд следующие:

$$h = (H_2) - (H_1) + 0{,}003475\,[(H_2) - (H_1)]\left(\frac{T_1 + T_2}{2} - 15°\right),$$

где

$$H = 19452\,\lg\frac{762}{B}.$$

Для облегчения вычислений превышений по вышеприведенным формулам надлежит пользоваться барометрическими таблицами, составленными проф. А. С. Чеботаревым («Барометрические таблицы и способ их применения», издание Государственного института геодезии и картографии, 1932 г.).

Для получения абсолютной высоты одной точки, кроме показаний барометра и термометра и записи времени наблюдения, необходимо знать давление и температуру в то же время для проекции определяемой точки на уровень океана.

Эти величины получаются вычислениями из наблюдений, сделанных одновременно на окружающих метеорологических станциях и приведенных к уровню океана. Для этого на географическую карту наносят окружающие метеорологические станции и точку наблюдения и по данным наблюдений на станциях проводят на карте изобары и изотермы, по которым и вычисляются показания барометра и термометра в точке, представляющей проекцию точки наблюдения на уровень океана. Полученные данные и данные наблюдений вставляют в гипсометрическую формулу и обрабатывают их как соответствующие наблюдения.

Точность вывода высот по абсолютным наблюдениям зависит от близости и числа окружающих метеорологических обсерваторий. В пределах европейской части СССР при благоприятных условиях высота может быть получена с ошибкою ± 3 м, а в пределах азиатской части СССР, находящейся за сотни километров от ближайших обсерваторий, ошибка в определении высоты значительно больше.

г) **Определение высот гипсотермометрами.** По гипсотермометрам можно отсчитывать только высокие температуры и около точки замерзания, в промежутке же между соответствующими делениями имеется расширение трубки термометра.

Изменение температуры кипения в связи с изменением давления воздуха видно из нижепомещенной таблицы, где $T°$ — температура в градусах Цельсия, а B — соответствующее ей давление в миллиметрах.

---

* Величина $K = 16\,014$ вычислена для метеорологической обсерватории Московского геодезического института, имеющего широту $\varphi = 55°\,46'$, высоту над уровнем моря $H = 165$ м, среднее давление $B = 746$ мм и среднюю влажность $l = 5{,}8$ мм.

T°	B	T°	B	T°	B
85,0	433,19	90,0	525,47	95,0	633,66
85,5	441,76	90,5	535,54	95,5	645,43
86,0	450,47	91,0	545,77	96,0	657,40
86,5	459,32	91,5	556,16	96,5	669,54
87,0	468,32	92,0	566,72	97,0	681,88
87,5	477,47	92,5	577,44	97,5	694,41
88,0	486,76	93,0	588,33	98,0	707,13
88,5	496,21	93,5	599,40	98,5	720,04
89,0	505,81	94,0	610,64	99,0	733,16
89,5	515,56	94,5	622,06	99,5	746,48
				100,0	760,00

Определение высот местности делается так: по вышеприведенной таблице подыскивается соответствующее наблюденной температуре давление, которое затем вставляется в следующую упрощенную гипсометрическую формулу:

$$h_1 - h = 18\,429{,}1\,(1 + 0{,}00366\,t_n)\,\frac{B}{B_1},$$

где h и h_1 — абсолютные высоты нижней и верхней точек наблюдений (в метрах), t_n — арифметическое среднее из температур воздуха в градусах Цельсия, а B и B_1 — наблюденные показания барометров, приведенные к нулю.

Пример. На горном перевале была наблюдена температура кипения воды $T°=87°,5$ С; температура наружного воздуха была $=11°,5$ С.

Требуется определить высоту перевала H.

По вышеприведенной таблице наблюденная температура кипения 87°,5 С соответствует давлению $B=477{,}47$ мм.

Полагая $B=760$ мм и $t_n=\frac{0+11{,}5}{2}=5°{,}75$ С, по упрощенной гипсометрической формуле получаем:

$$H = 18\,429{,}1\,(1+0{,}00366\times 5{,}75)\,\frac{760}{477{,}47}=2\,995{,}1.$$

Гипсотермометры или термобарометры очень удобны для путешествий: их возят с собой и для определения поправок анероидов. Надо помнить, что ошибка в температуре кипения воды в 0°,1 С соответствует ошибке в вычислении высоты около 30 м на уровне океана, а на больших высотах она еще значительнее; поэтому необходимо особо тщательно сравнивать гипсотермометры с нормальными в обсерватории и возможно точнее наблюдать температуру кипения.

Обычно в экспедицию берутся несколько гипсотермометров и кроме того обыкновенные выверенные термометры для измерения температуры воздуха.

§ 15. Приемка топографо-геодезических работ

Все произведенные топографо-геодезические работы должны быть приняты в поле, а по окончании камеральной обработки их приняты камерально.

Целью приемки работ является:

1) выявление соответствия выполненных работ с планом работ и с дополнительными заданиями;

2) установление технической правильности производства работ и соответствия качества выполненных работ с требованиями, предусмотренными соответствующими утвержденными Госпланом СССР инструкциями;

3) выявление допущенных отклонений от плана работ в количественном и в качественном отношениях как по распоряжению ответственного руководителя работ, так и по собственной инициативе начальника партии и предварительная оценка целесообразности отклонений;

4) установление сроков для исправления обнаруженных дефектов в работе;

5) установление отклонений в сроках выполнения работ и в принятых нормах и расценках.

Приемка работ производится комиссией в составе ответственного руководителя работ (главного инженера) или уполномоченного им лица, начальника партии или отряда, начальника бюро камеральной обработки (при камеральной приемке) и лица, производившего работу.

Приемке работ должен предшествовать предварительный камеральный просмотр подлежащих приемке материалов.

Просмотр заключается в ознакомлении с представляемыми к приемке материалами, с планово-высотными материалами, положенными в основу произведенных работ, в анализе исходных данных, в установлении расхождений прежних данных с полученными, в детальном анализе исполненных работ и в ознакомлении с актами инспекций работ в процессе их производства.

Ссылка комиссии на акты инспекции работ не освобождает приемочную комиссию от ответственности за качество выполненных работ. В процессе приемки необходимо убедиться в исправлении дефектов в работе, указанных в актах инспектировавших работу лиц.

Полевая приемка работ производится в поле и заключается в выборочной поверке произведенных работ на отдельных участках.

В результате произведенной приемки составляется двусторонний сдаточно-приемочный акт.

В сдаточно-приемочном акте указываются материалы, предъявленные к приемке, исходные данные, результаты полевой поверки с указанием районов, в которых таковая была произведена; дается качественная оценка материалов, допущенные отклонения в количественном отношении и фиксируется стоимость произведенных работ. В этом же акте указывается степень законченности и соответствия исполненных работ требованиям инструкций; при несоответствии, но при их годности для соответствующей стадии проектирования устанавливается процент снижения расценок за пониженное качество работ, и устанавливаются сроки для исправления обнаруженных дефектов.

Дефективные материалы по их исправлении подлежат вторичной приемке, и в случае признания их полноценными ранее произведенное удержание стоимости работ выплачивается.

При качественной оценке принимаемых работ должно быть обращено внимание на следующее.

1. В триангуляции. Класс сети и соответствие длин сторон. Исходные данные. Оценка произведенных наблюдений углов, измерений базисов и вычислений; соответствие полученных результатов классу сети. Качество построенных тригонометрических знаков и заложенных под ними центров. Степень обеспеченности подлежащей съемке территории пунктами сетей. Качество и состояние полевых и камеральных документов.

2. В нивелировке. Исходные данные и документальная достоверность их абсолютных высот. Длины ходов, полученные невязки, схо-

димость по секциям и средние квадратические ошибки на километр хода. Надежность установок реперов и марок, наличие планов их расположений и актов сдачи их на хранение. Однодневная срезка горизонта воды в реке, правильность организации таковой и качество результатов. Правильность составления продольных и поперечных профилей и их качество.

3. В съемочных работах. Качество полевых и камеральных работ, выявленное в процессе произведенных поверок по каждому планшету, а также качество всех прилагаемых к планшету материалов и документов. Если планшет сдается в окончательно обработанном виде, правильность изображения ситуации и предметов условными знаками и качественная оценка самого черчения. Необходимо указывать фамилии лиц, производивших работы.

Если в процессе приемки работ был обнаружен брак, необходимо выявить причины брака, фамилии производителей, работа которых забракована, и указать в акте, за чей счет забракованная работа должна быть переделана.

В процессе приемки работ должна быть уточнена категория местности (по урочным нормам); в случае изменения ее должны быть указаны причины необходимости изменения категории.

Принимаемые работы в акте фиксируются по нижеследующей форме:

№ работ по плану	Наименование работ	Категория местности	Исполнено количество	Принято			% принятых работ к заданию	Не принято (брак)	
				количество	по цене руб.	на сумму руб.		количество	на сумму руб.

Литература к главе IV

1. Близняк Е. В. Производство исследований рек, озер и водоразделов. М., 1934.
2. Близняк Е. В. Руководство к барометрическому нивелированию. М., 1936.
3. Чеботарев А. С. Барометрические таблицы и способ их применения. Ленинград, 1932.
4. «Геодезист», 1933, № 5—6, ст. А. В. Нуварьева.
5. Гришин М. М. Гидротехнические изыскания. 1927.
6. Молодых И. Ф. Рекогносцировочные исследования и маршрутные съемки рек. Иркутск, 1921.

ГЛАВА V

АЭРОФОТОСЪЕМКА

Аэрофотосъемочные работы по характеру их можно разделить на:
а) контурную аэрофотосъемку,
б) высотно-воздушную съемку и
в) косую аэрофотосъемку.

Контурную и высотно-воздушную съемку следует разделить на две части в зависимости от требований, предъявляемых к ней: крупномасштабную и мелкомасштабную, или топографическую.

Независимо от вида применяемой аэрофотосъемки последняя состоит из полевой и камеральной частей.

§ 16. Полевые аэрофотосъемочные работы

Полевые аэрофотосъемочные работы ставят целью получение съемочного материала, который в результате некоторой камеральной обработки превращается в план заданного масштаба.

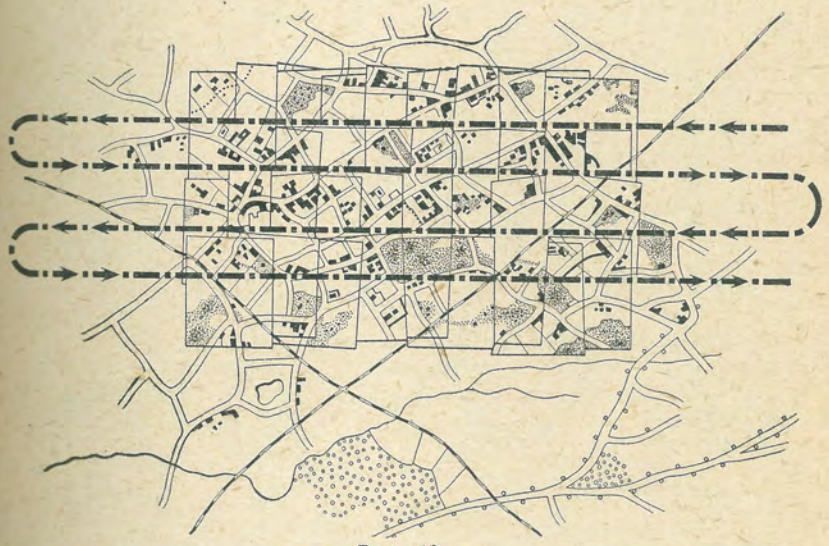


Рис. 48.

Полевые аэросъемочные работы заключают в себе следующие производственные процессы: аэросъемку, фотограмметрическую и фотографическую обработки и геодезическое обоснование. Последнее является необходимым независимо от вида и масштаба аэрофотосъемки.

1. Сущность аэрофотосъемки состоит в следующем: вся территория, подлежащая съемке, фотографируется с самолета при помощи специально установленной аэрофотографической камеры на отдельные снимки, покрывающие по частям всю заданную площадь.

Предварительно перед съемкой на карте крупного масштаба поднимаются краской наиболее крупные и характерные ориентировочные точки и линии: реки, деревни, дороги и т. п. По такой карте предварительно перед полетом намечаются маршруты полетов самолета (рис. 48). Снимки, входящие в маршруты, перекрывают друг друга, и одновременно каждый последующий маршрут должен перекрывать предыдущий на определенный процент, зависящий от масштаба съемки и рельефа местности. При аэросъемке местности, имеющей пересеченный рельеф (большие превышения),

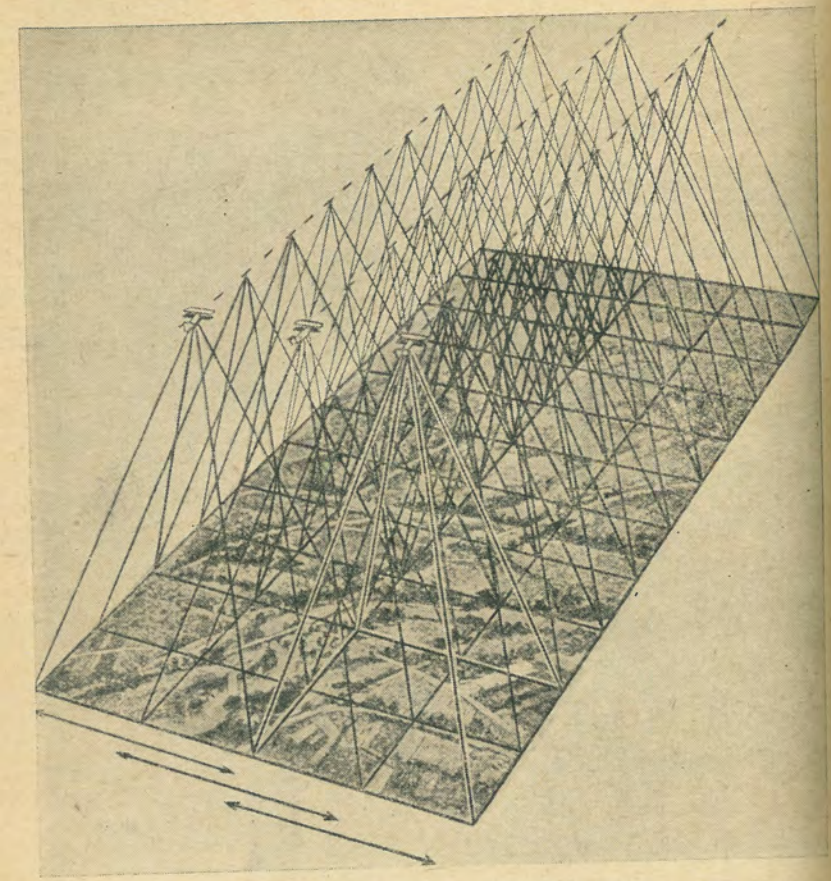


Рис. 49. Аэросъемка с перекрытием в маршруте между маршрутами в 50 %.

перекрытие между снимками в маршруте и между маршрутами увеличивается до 50—60% (рис. 49); наоборот, при аэросъемке местности с несколько спокойным рельефом (малые превышения) процент перекрытия уменьшается и доходит между снимками в маршруте до 40—50%, а между маршрутами — до 30—40%.

Во время полета над снимаемой местностью летчик управляет самолетом, следя, чтобы последний имел все время примерно одну и ту же высоту, наименьший крен и заданное направление по маршруту.

Последнее выполняется летчиком по указаниям аэросъемщика, передающего свои указания по специально устроенному на самолете телефону или иной сигнализации. Заснятый с самолета фильм поступает для дальнейшей

обработки в полевую фотолабораторию, где его проявляют; в результате получаются негативы заснятой местности.

Для выяснения правильности производства аэросъемки данной площади с негативов изготовляют контактные отпечатки, которые монтируются (накалываются) на деревянные щиты путем укладки каждого последующего снимка к предыдущему по общим контурам на смежных снимках; в результате получается «накидной монтаж» (рис. 50).

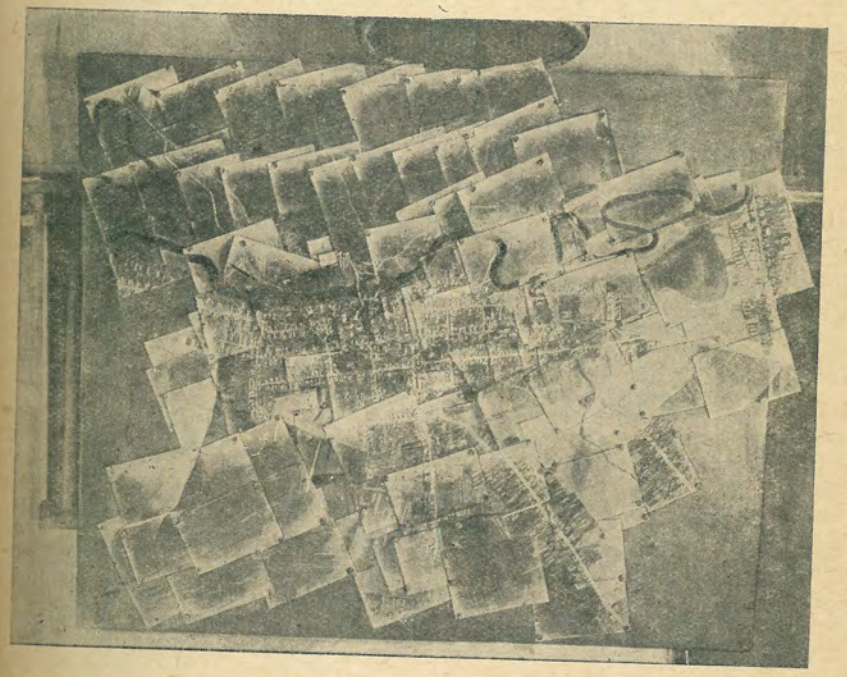


Рис. 50.

По окончании облета всего участка по маршрутам получается негативный материал, который в дальнейшей обработке служит первоисточником при изготовлении планшетов-фотопланов.

2. Геодезическая подготовка местности. Для получения по материалам аэрофотосъемки планшетов-фотопланов в районе аэросъемочных работ производится геодезическая подготовка местности, заключающаяся:

а) в развитии тригонометрических сетей, если последние отсутствуют вовсе;

б) в сгущении имеющихся тригонометрических сетей высших классов с доведением до 3—4 пунктов на каждый планшет независимо от пунктов;

в) в прокладке нивелирных ходов повышенной точности для переноса абсолютной отметки на снимаемый участок от ближайшего репера, имеющего абсолютную отметку;

г) в прокладке нивелирных ходов для обоснования высоты съемки и
д) в определении ориентировочных точек, служащих в дальнейшем для трансформирования снимков.

В случае закрытой местности, где развитие тригонометрических сетей затруднительно, последние заменяются полигонометрическими ходами, прокладываемыми между пунктами сети. Тригонометрическая сеть развивается в районе аэросъемок по тем же принципам, как это делается и для надземных съемок. Сгущение сети производится путем вставки цепей треугольников между пунктами сети высших классов или путем развития заполняющих сетей. Нивелирные хода, служащие обоснованием высотной съемки, прокладываются по планшетам с расчетом одного-двух ходов в зависимости от характера местности, по направлению западной или восточной рамки планшетов.

Ориентировочные точки определяются в зависимости от характера местности и масштаба аэросъемки. Так, при съемке местности со сложным и пересеченным рельефом и в крупном масштабе ориентировочные точки определяются на всех снимках, при аэросъемке же местности со спокойным рельефом и в мелком масштабе они наблюдаются частично, с тем, что в дальнейшем по ним развивается камерально дополнительная сеть ориентировочных точек.

Обыкновенно расположение ориентировочных точек намечается заранее на контактных снимках при накидном монтаже. В дальнейшем ходе полевых геодезических работ ориентировочные точки опознаются путем сличения их с местностью и отмечаются на снимке наколом, записью номера ее и зарисовкой в крупном масштабе местоположения. Между ориентировочными точками производятся геодезические измерения, которые в дальнейшем дают возможность вычислить координаты точек, а по координатам построить точки на планшетах-фотопланах.

Геодезическое определение ориентировочных точек может производиться теодолитом или мензулой с кипрегелем, причем первый инструмент применяется в тех случаях, когда работа производится в закрытой местности или требуется определять значения координат для последующих работ. Второй инструмент применяется в открытой местности при производстве аэросъемок, носящих топографический характер.

Камеральное развитие сети ориентировочных точек производится методом надирной триангуляции, позволяющей по 8—10 точкам на планшете, определенным в натуре, развить остальную необходимую сеть.

Принцип определения точек надирной триангуляцией основан на неизменяемости углов, вершиной которых является точка нулевых искажений на снимке или негативе. Вследствие того что определение точки нулевых искажений на снимке является делом совершенно невозможным, допускается, что эта точка совпадает с центром снимка, что при строго отвесном положении оптической оси фотоаппарата в момент съемки имеет место. При наличии угла наклона оси фотокамеры точка нулевых искажений начинает отходить от центра по направлению линии наибольшего наклона снимка в сторону, противоположную наклону. В силу этого допуска углы при центральной точке снимка будут иметь некоторую неточность, которая будет тем больше, чем больше угол наклона снимка.

При камеральной обработке ориентировочные точки и определенные надирной триангуляцией наносятся на планшеты и служат опорой при трансформировании снимков.

3. Ошибки и искажения аэрофотосъемки. Контактные снимки дают «картинное» изображение снимаемой местности с искажением контуров,

следовательно их нельзя считать планом. Причины, вызывающие искажение контактных снимков, следующие:

1) отклонение оптической оси фотоаппарата от вертикали, в котором она должна была бы быть в момент экспозиции;

2) ошибки, возникающие при аэросъемке местности вследствие значительного рельефа;

3) ошибки от изменения относительного положения фотоаппарата по высоте над снимаемой местностью (разные высоты, с которых производится съемка).

Первая причина устраняется путем выкидывания контактных снимков, имеющих большое отклонение оптической оси от вертикали, и новой съемкой этих мест.

Случайных отклонений оптической оси, не превышающих 5°, в полете устранить нельзя, и при камеральной обработке они устраняются трансформированием.

Вторая причина искажения, происходящая от рельефа местности, никаким механическим методом не устраняется, и в случаях аэросъемки местности с крупным рельефом приходится при трансформировании вводить поправку за рельеф или трансформировать снимок по частям.

Ошибка за рельеф выражается следующей математической зависимостью, вытекающей из рассмотрения рис. 51:

$$\frac{f}{r} = \frac{H}{R} = \frac{h}{\Delta},$$

$$\text{и } \frac{\Delta}{\delta} = \frac{R}{r},$$

откуда

$$\Delta = \frac{\delta R}{r} \ldots \text{ и } r = \Delta \frac{f}{h},$$

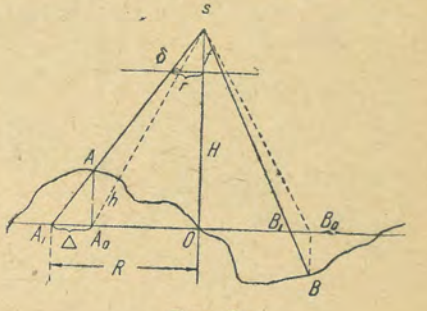


Рис. 51.

где r — радиус полезной площади на снимке (площадь с минимальным искажением); Δ — ошибка на местности, задаваемая в пределах точности масштаба; δ — ошибка за рельеф на снимке; h — максимальное превышение на местности.

Из приведенной формулы видно, что влияние рельефа на снимке будет тем больше, чем дальше точка лежит от центра снимка и чем больше разность высот на местности. Эта ошибка уменьшается с увеличением высоты полета.

И, наконец, третья причина, вызывающая искажение снимка, — это непостоянное положение фотоаппарата по высоте, по отношению к объекту съемки.

Масштаб съемки определяется формулой:

$$M = \frac{f}{H}, \qquad (1)$$

где f — фокусное расстояние объектива, а H — высота полета.

Отсюда видно, что с переменой H изменяется масштаб M. Эта причина искажения снимка целиком исправляется трансформированием.

§ 17. Камеральная обработка аэрофотосъемки

Конечной целью камеральной обработки является получение снимков, свободных от искажения, или, вернее говоря, доведение искажений до возможно минимальных пределов, т. е. графической точности масштаба. Поэтому приходится брать из каждого снимка такую площадь, так называемый полезный размер снимка, где бы эти ошибки съемки не выходили за пределы заданной величины, так как даже при трансформировании края снимков остаются искаженными.

1. **Устранение искажений** снимка производится посредством трансформации снимков и подбора соответствующей высоты полета. В настоящее время при трансформировании применяют фотографический метод, позволяющий получать позитивы, освобожденные от искажений и с вполне точным масштабом.

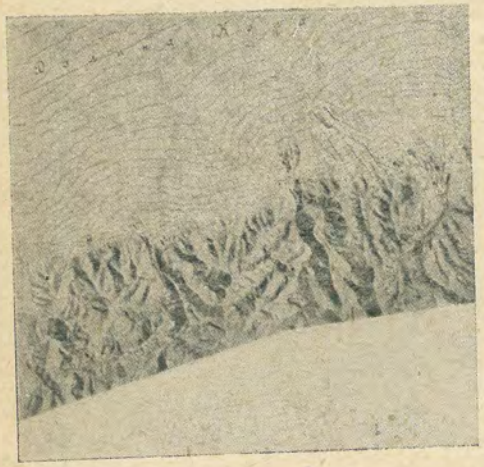


Рис. 52.

2. **Фотопланы контурной съемки.** Обработка трансформированных снимков состоит в изготовлении из них планшетов-фотопланов путем совмещения и монтажа отдельных снимков на общем планшете по ориентировочным точкам и линиям.

Планшеты-фотопланы по изготовлении их поступают в корректуру, где поверяется правильность совпадения контуров снимков по порезам, сводки планшетов по рамкам, качество снимков, входящих в планшет, и т. п.

При изготовлении планшетов-фотопланов мелкого масштаба процессы получения полевого материала и обработка его остаются теми же, что были указаны выше. Разница в работе при мелкомасштабной съемке будет заключаться лишь в том, что самая аэросъемка производится специальными камерами, дающими негативы непосредственно в масштабе 1 : 50 000—1 : 100 000. Получение негативов в столь мелком масштабе достигается многообъективными камерами, имеющими короткие фокусные расстояния. Из многообъективных камер следует отметить немецкую камеру Ашенбреннера и советскую Дробышева.

3. **Фотопланы высотной съемки.** Высотная аэросъемка в отличие от контурной дает изображение не только контуров местности, но и рельефа, что весьма важно при изыскательных работах.

Высотную аэросъемку по методу работ следует разделить на два вида, а именно: комбинированную и собственно высотную. Комбинированный метод высотной аэросъемки состоит в следующем: по полученным в результате аэросъемки контактным снимкам в пределах «полезного размера» наносится рельеф при помощи «земных» способов съемки рельефа (рис. 52). Удобнее и быстрее идет работа по рисовке рельефа, если последний наносится на репродукции планшетов-фотопланов.

Второй способ рисовки рельефа, механический, состоит в применении метода стереоскопического рассмотрения пары снимков. Стереоскопические снимки получаются путем перекрытия одного снимка другим; при рассмотрении снятых с другой точки положения фотообъектива таких снимков в стереоскоп получается, как известно, ярко выраженный рельеф местности.

Составление планов по стереоскопическим снимкам производится при помощи стереопланиграфов.

Работа по составлению плана с рельефом на стереопланиграфе основана на измерениях, производимых на стереоскопической модели при помощи передвигающейся марки, видимой в поле зрения окуляров прибора.

Перед началом работ на стереопланиграфе обрабатываемая пара должна быть ориентирована, т. е. установлена по ориентировочным точкам, определенным в натуре. После ориентирования пары производятся измерения по ней, которые путем специального устройства в приборе передаются на столик с бумагой, на которой получается план заснятой местности с горизонталями. Обработка материалов высотной аэросъемки на стереопланиграфе сопряжена с довольно значительной затратой времени, необходимого для ориентирования пары, хотя последние модели этого прибора позволяют его сократить до минимума путем добавочного устройства для оптического переключения модели местности. Кроме стереопланиграфа существует еще ряд приборов, основанных на том же принципе стереоскопического зрения, но менее совершенных.

Наиболее рентабельным и отвечающим условиям наших работ является метод Брока, позволяющий обрабатывать и получать план в горизонталях крупного масштаба.

Этот метод тоже основан на принципе стереоскопии, но отличается от предыдущего тем, что сложный процесс работы на стереопланиграфе разбит на ряд мелких процессов, независимых в обработке один от другого. Рисовку рельефа посредством стереопланиграфа удобно вести для съемок масштабов 1 : 25 000—1 : 50 000; способ же Брока позволяет обрабатывать аэросъемочный материал в более крупных масштабах.

Для обработки стереоскопических пар необходимо на снимках иметь 6—9 нивелирных геодезических точек.

4. **Фотопланы косой аэросъемки.** Косая аэрофотосъемка имеет применение исключительно для картографических целей, когда требуется составить карту необжитых, мало доступных пространств.

В этом случае с борта самолета, на котором устанавливается фотоаппарат, производят перспективную съемку таким образом, чтобы последующие снимки перекрывались с предыдущими.

По полученным результатам аэросъемки, для которой также развивается геодезическая основа в виде тригонометрических сетей, но значительно более редкая, составляется мелкомасштабная карта.

Перенесение контуров на карту производится по специально вычисленным и нанесенным на аэроснимки сеткам.

В этом случае получаются карты масштаба 1 : 200 000, но без рельефа. Метод косой съемки довольно широко применяется в Канаде для составления планов недоступных береговых полос рек и озер.

§ 18. Оборудование аэрофотосъемки

1. Самолеты

Для производства аэросъемки может быть использован всякий самолет, если на нем можно установить специальный фотографический аппарат.

Однако элементы экономики, хозяйственной эффективности аэрофотосъемных работ, безопасность полета, удобства в работе и техника съемки предъявляют к аэросъемочному самолету специальные требования:

а) **Качества самолета**

Аэрофотосъемочный самолет должен:

1) допускать наилучший обзор для летчика и аэросъемщика;

2) давать возможность летчику и аэросъемщику видеть маршрут полета;

3) иметь необходимую устойчивость в продольном и поперечном направлениях для получения ортогональных аэроснимков;

4) давать достаточную рабочую высоту полета для увеличения площади засъемки (не менее 3 000 м);

5) иметь запас горючего до 5—6 часов, чтобы максимально (не менее 4 часов) использовать съемочное время в течение дня и в один полет;

6) допускать минимальное время подъема на необходимую высоту (порядка 3 000 м за 30 минут) для увеличения полезного времени работы;

7) иметь скорость полета в пределах не менее 100—150 км/час. на рабочей высоте;

8) иметь минимальный разбег при подъеме и минимальную скорость при посадке для использования небольших аэродромов и

9) иметь достаточно удобную и поместительную кабинку, чтобы целесообразно расположить аэрофотоаппарат, съемочный персонал (2 человека) и вспомогательные приборы.

б) **Типы самолетов**

Для съемки в равнинных районах применяются одномоторные самолеты. В горных районах и в районах с сильно изрезанным рельефом наиболее надежным является двухмоторный самолет. В озерном районе наиболее применим будет **самолет-амфибия,** который совершает посадку и на сушу и на воду и поднимается с них.

2. Аэрофотоаппараты для аэросъемки

Для аэросъемки применяются следующие типы аэрофотоаппаратов: неавтоматические, полуавтоматические и автоматические.

Наиболее широкое распространение получили автоматические аэрофотоаппараты.

Производство экспонирования, смена экспонированных пленок неэкспонированными, открытие и закрытие затвора, счет экспонированных снимков, отсчет интервалов между двумя смежными экспозициями производятся в таком аэрофотоаппарате автоматически при раз установленных условиях съемки.

Аэросъемщик главным образом наблюдает за правильностью работы и регулирует работу аэрофотоаппарата, если изменяются условия полета и съемки. Механизм аэрофотоаппарата приводится в движение воздушной турбиной, специальным воздушным пропеллером или электромотором.

Такие аэрофотоаппараты заряжаются аэрофотопленкой шириной 18 или 24 см и длиной от 22 до 60 м и более; количество аэроснимков, которые они могут дать, колеблется от 100—120 до 500—750 штук размером 13×18, 18×18 или 18×24 см.

При этих условиях (большое количество снимков, автоматичность работы) напряжение работы аэросъемщика значительно уменьшается. Некоторые аэрофотоаппараты допускают перезарядку аэропленки на воздухе, на свету или сменой самой кассеты или сменой аэропленки в кассете. Производительность их таким образом весьма велика, а полет продолжительностью 4— 5 часов максимально используется для фотографирования.

Рисунок 53 представляет аэрофотоаппарат системы Цейсса (Reihen—bildmess Kammer) с фокусным расстоянием объектива 21 см, размер снимков 18×18 см, автоматический. Съемка производится только на пленках. Применяется для плановой аэросъемки на 290 снимков.

Такой аэрофотоаппарат при высоте полета 2 100 м даст масштаб аэроснимков 100 м в 1 см, площадь покрытия одним аэроснимком при этой высоте равна 3,24 км². Вся аэропленка покроет при взятом масштабе площадь 939 км². В практике однако всегда получается меньшая площадь покрытия, так как дальнейшая обработка произведенных снимков требует взаимного перекрытия смежных аэроснимков при процессе фотографирования.

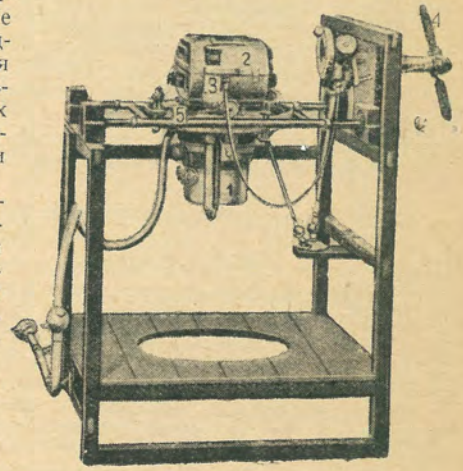


Рис. 53.

Многообъективные аппараты. Для наибольшей производительности аэросъемочных работ и удешевления их, особенно при мелкомасштабных съемках для целей картографии, сконструированы аэрофотоаппараты с 3, 4 и 9 объективами.

Представителями такого типа (многообъективного) аэрофотоаппаратов являются аэрофотоаппараты системы немецкого проф. Ашербреннера и советского инженера Дробышева.

Аэрофотоаппарат системы инженера Дробышева, имея фокусное расстояние у каждого из 9 объективов по 13,5 см, при светосиле 1 : 4,5, дает 1 000 снимков. При высоте полета 3 375 м центральный объектив даст снимок в масштабе 1 : 25 000. Таким образом аэрофотоаппарат в час может заснять 1 200 км², в трехчасовой полет — до 3 000 км²*.

Так как только центральный аэроснимок является ортогональной проекцией, а остальные снимки — перспективные, то к этому аэрофотоаппарату сконструированы подсобные приборы. Они дают возможность перерабатывать получаемые перспективные аэроснимки в плановые (ортогональные).

---

* См. сводный протокол 3-го Всесоюзного совещания по аэросъемке, Ленинград, 1931 г., изд. ленинградского отделения Научно-исследовательского института геодезии и картографии.

3. Вспомогательные приборы для аэросъемки

Аэрофотоаппараты на самолетах находятся в специальных фотоустановках. Эти последние позволяют держать аэрофотоаппараты при работе в требуемом положении, уменьшают дрожание аэрофотоаппарата, чем увеличивают резкость аэроснимков и позволяют легко и удобно управлять аэрофотоаппаратом и ориентировать его по маршруту съемки (рис. 54).

а) **Альтиметры.** Масштаб аэроснимков по формуле $M = \frac{f}{H}$, где f — фокусное расстояние объектива аэрофотоаппарата, H — высота полета во время аэросъемки, определяется при помощи так называемого **альтиметра** (прибор по принципу барометра).

б) **Приборы для указания направлений полета.** Прокладка самолетом ряда параллельных маршрутов, отстоящих друг от друга на требуемом расстоянии (при съемке площади), производится аэросъемщиком при помощи компаса и карты; имеются автоматические приборы для самолетовождения по намеченным на карте маршрутам.

в) **Уклономеры и другие приборы.** Для указания вертикального положения аэрофотоаппарата в момент аэросъемки (для получения ортогональной проекции на аэроснимке) применяются специальные **уклономеры.** Кроме того имеется и на самолете и на аэрофотоаппаратах ряд специальных приборов и приспособлений, дающих возможность аэросъемщику соблюдать все требования, предъявляемые к точной аэросъемке (рис. 54, обозначения: *1* — аэрофотоаппарат в фотоустановке, *2* — приборы).

4. Фотоматериалы для аэросъемки и приборы для фотообработки аэроснимков

а) **Пластинки.** Для получения правильного представления по **аэроснимкам** о цветах окраски земной поверхности в виде оттенков серого цвета, соответствующих зрительному восприятию относительной яркости различных цветов, что очень важно в условиях аэросъемки с.-х. объектов, применяются так называемые ортохроматические и панхроматические цветочувствительные фотопластинки и аэрофотопленки.

Ортохроматические пластинки и пленки чувствительны к синим, зеленым, желто-зеленым цветам, а панхроматические еще и к оранжевым, желтым и красным цветам спектра.

Указанные негативные фотоматериалы кроме высокой свето- и цветочувствительности (необходимых при аэросъемке) должны иметь равномерную толщину подложки и эмульсионного слоя, без пузырей, пятен, царапин и других дефектов. Наличие указанных дефектов понижает качество аэросъемочного материала и может ввести в заблуждение дешифровщика при распознавании объектов по аэрофотоснимкам. Кроме того, такой негативный аэрофотоматериал должен иметь возможно большую, так называемую разрешающую способность, позволяющую получать фотоизображение самых мелких объектов.

Это особенно необходимо при изучении деталей на мелкомасштабных аэроснимках увеличительными оптическими приборами (лупами). При аэросъемке больших площадей применяются главным образом аэрофотопленки (фотоэмульсия нанесена на длинной целлулоидной ленте). Стеклянные фотопластинки тяжелы, и смена их в аэрофотоаппарате сложна и затруднительна.

б) **Приборы для проявления и печатания снимков.** Обработка экспонированных аэрофотопленок-лент ручным способом затруднительна. Для проявления их применяются специальные проявительные приборы.

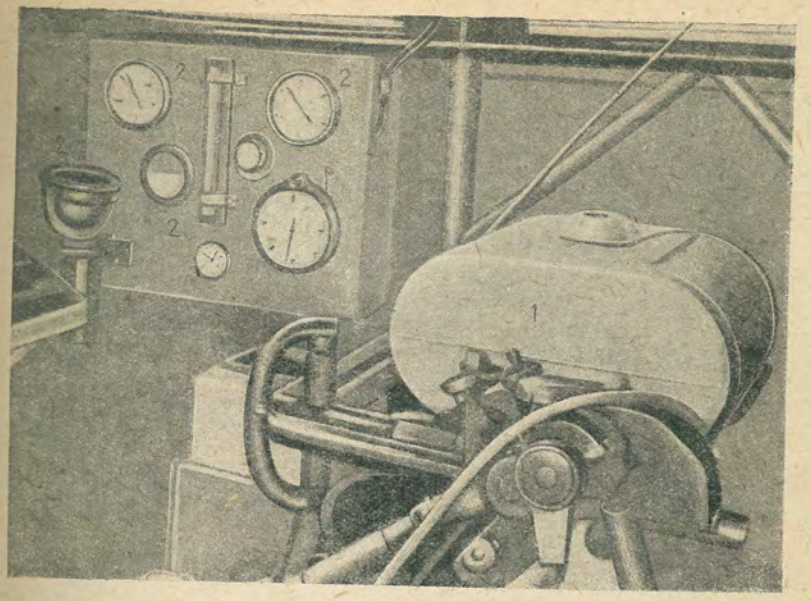


Рис. 54. Расположение аэрофотоаппарата и его вспомогательных приборов в кабине самолета.

Для получения с проявленной негативной аэрофильмы ленты контактных фотоотпечатков применяется также специальный копировальный станок. Он позволяет получать контактные отпечатки с каждого негатива, не разрезая ленты на отдельные негативы. Такие станки бывают автоматического типа.

§ 19. Применение и использование аэрофотосъемки при гидротехнических и мелиоративных исследованиях и изысканиях

Аэрофотосъемка может быть использована в гидротехнике и мелиорации в разнообразных случаях: при предварительных рекогносцировочных обследованиях речных систем и водных пространств, болот, лесов и пр., иногда при более подробных исследованиях, при эксплоатации систем и т. д.

1. Общие свойства аэросъемки

По аэрофотоснимкам можно составить достаточно ясное представление не только о характере непосредственных объектов изучения, т. е. рек, озер и пр., но и об окружающей их естественно-исторической природной и топографической обстановке.

а) **Контурная аэросъемка** дает вслед за проявлением фильмы полезные практические сведения о местности. В целях общего ознакомления с районом нет никакой необходимости иметь для аэрофотосъемки густую опорную геодезическую сеть.

В этом случае контурная съемка дает плановый материал на значительные площади в довольно короткий срок, чего нельзя получить ни одним из наземных методов съемок.

Аэросъемке доступны всякого вида недоступные участки, в которых наземная съемка становится невозможной вследствие особенностей местности: непроходимые болота, пустыни, глухая тайга, дельты больших рек и озер.

Стоимость аэросъемки в большинстве случаев ниже стоимости наземной съемки или равна последней.

К преимуществам аэросъемки также следует отнести быстроту покрытия больших площадей в самых разнообразных масштабах и, наконец, возможность механизировать весь съемочный процесс и повысить качество съемочного материала в отношении нанесения ситуационных контуров. При проектировании инженерных сооружений нельзя использовать в полной мере контурную съемку вследствие отсутствия рельефа, но все же она дает возможность делать грубые наметки сооружений.

Контактные отпечатки дают возможность во многих случаях получать представление о местности и могут служить материалом для составления эскизных проектов инженерных сооружений.

По контактным снимкам возможно производить самую разнообразную дешифровку местности; возможно подсчитывать площади планиметром, имея при этом ошибку в пределах от 3 до 5%.

Фотосхема — материал, по которому возможно судить о целом районе. Если фотосхема составлена из полезных размеров снимков, то по ней возможно определить грубо расстояния, составлять некоторые схематические проекты инженерных сооружений.

При землеустройстве фотосхемой пользуются для составления проектов землепользования.

б) **Высотная съемка** дает возможность использовать фотоснимки в полной мере наравне со способами наземной съемки.

Планшеты-фотопланы — с рельефом местности — материал в строго выдержанном масштабе. Этот материал может быть использован как план, по которому возможно делать все необходимые расчеты для инженерных сооружений.

2. Роль аэрофотосъемки при исследованиях водных пространств рек, озер, водохранилищ и пр.

а) **Изучение естественных водоемов.** Для изучения рек, озер и других водоемов аэрофотосъемка представляет весьма ценное средство, позволяющее изучать не только контуры, но и дно водоемов и характер берегов. Плановые аэроснимки (рис. 55 и 56) представляют фотоизображение части реки; вполне отчетливо видны: река, берега ее, характер берегов, дно долины реки. На аэроснимке (рис. 55) видны песчаный островок и ручей, впадающий в реку, кустарник, дороги и тропинки, осушительная канава, связанная с рекой и проложенная по лугу, и т. п.

На рисунке 56 представлен фотоплан реки, изготовленный в масштабе 1 : 8400 и соответственно уменьшенный.

По такому фотоплану можно изучать влияние течения рек на образование бугристых песков, донных отмелей; конфигурацией дна и берегов реки можно установить, где возможны ледяные заторы, где необходимы землечерпательные работы. С помощью аэросъемки можно зафиксировать картину половодья реки в определенное время (начало, промежуточные стадии и



Рис. 55.

1 — река; *2* — песчаный островок; *3* — ручеек; *4* — луг; *5* — канава; *6* — кустарник; *7* — подводная мель; *8* — дорога в лесу.



Рис. 56. Фотоплан реки.

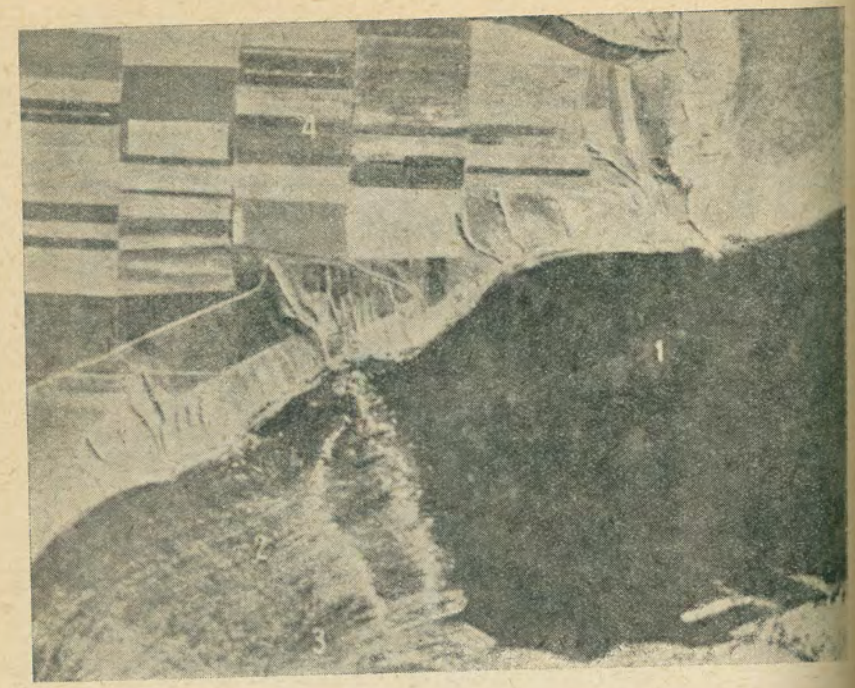


Рис. 57.

1 — большая река; *2* — пороги; *3* — обходный канал для судов; *4* — поля.

конец), иметь представление о степени и интенсивности разлива и спада воды, границах и площадях затопления различных участков реки.

Изучение аэроснимков, произведенных в различное время жизни реки и фиксирующих точно все происходящие изменения русла и направления течения реки в зависимости от сооружений на ней дает возможность корректировать работу указанных сооружений, исправлять тип и расположение (рис. 57) их, в частности регуляционных сооружений, а также и др.

Не меньшее значение имеет аэросъемка и при обследовании пойм низовьев и дельт крупных рек, в низменных болотистых местах.

Так, в СССР была произведена аэросъемка дельты р. Волги. Полученные материалы легли в основу народнохозяйственных мероприятий в области рыбного, огородного и других хозяйств. Такое же значение аэросъемка имеет при обследованиях и изысканиях больших болотных массивов, плавней рек, где наземная работа крайне затруднительна, а иногда и совсем невозможна.

Прилагаемый рисунок 58 дает характеристику поймы (плавней) реки.

При изучении аэроснимков для получения наибольшего эффекта необходимо пользоваться в широком масштабе методом стереоскопического анализа. Два смежных аэроснимка какого-либо участка реки, перекрывающие друг друга на 50—60%, дают так называемую «стереопару» аэроснимков.



Рис. 58. Аэроснимок плавней реки.

Рассматривая эту стереопару в стереоскоп, можно с достаточной полнотой изучать объекты на реке не только в горизонтальном направлении, но и по высоте их. Таким образом можно, например, различить обрывистый берег от пологого. Можно определить приблизительно, во сколько раз берег в одном месте выше или ниже берега в другом.

Аэрофотосъемка при изучении озер, морей дает возможность установить конфигурацию берегов, в некоторых случаях рельеф дна прибрежной полосы, действие на берега приливов и отливов, волнений, ветров и некоторых



Рис. 59. Аэроснимок поливного хозяйства.

других факторов, влияющих во времени и в пространстве на изменения берегов.

По фотоплану можно определить также и площадь водного пространства и получить в некоторых случаях данные о характере дна озер и морей благодаря применению орто- и панхроматических фотопластинок с подбором соответствующих светофильтров, в зависимости от цвета водной поверхности.

В условиях съемки в тихую погоду, когда нет волны, при высоте солнца 40—50° (если оно находится выше, то большая часть лучей, отражаясь от водной поверхности, «ослепляет» фотопластинку, и подробности оттенков дна различить трудно), в зависимости от степени прозрачности воды, при наличии особенно песка и гравия на дне получаются наиболее хорошие результаты. Как на пример можно указать, что во Франции, вблизи Бреста,



Рис. 60. Аэроснимок полевых хозяйств (поливные участки).

было заснято дно на глубине 8—10 м, а в одном случае дно было видно на 17 м ниже уровенной поверхности.

б) **Изучение искусственных систем.** По аэроснимкам и фотопланам, составленным на основе аэросъемочного материала, можно охарактеризовать внешнее положение водной системы с достаточной полнотой и точностью. До известных пределов можно определить размеры отдельных частей системы, взаимное расположение отдельных каналов, входящих в систему, постройки на системе, природную окружающую и топографическую обстановку, характер системы, дороги, подъездные пути, мосты, переправы.

Степень полноты и точности характеристики будет зависеть, как и во всех остальных случаях определения с.-х. объектов, от масштаба аэроснимков и от методов исследования для данного рода объектов. Оросительная система с магистральным каналом, с сетью распределительных каналов и даже мельчайшая поливная сеть передаются на аэро-

снимке с исключительной отчетливостью. Необходимы наиболее соответствующие масштабы аэросъемки и постоянное условие — хорошее качество аэроснимков (четкое фотографическое изображение, резкость) и наличие хорошей атмосферной обстановки в момент аэросъемки.

Аэроснимки (рис. 59, 60) представляют типы поливных хозяйств Средней Азии. Видны дороги, арыки, обсаженные деревьями, система каналов правильного поливного хозяйства, система хозяйства.

Аэросъемка находит себе практическое применение в данное время в процессе переустройства ирригационных систем в связи с переходом к крупному механизированному хозяйству. По фотопланам производится дешифрирование с.-х. угодий и дешифрирование переустраиваемой ирригационной системы.

По аэроснимкам в некоторых случаях определяются места бывших канав, в момент съемки уже не существовавших.

Так, имеется случай определения по аэроснимку старой дренажной сети, заброшенной и не эксплоатируемой и заросшей травой.

Наземным обследованием нельзя было установить наличие скрытой сети и системы ее расположения. Правильное расположение темных линий на аэроснимке дало возможность установить наличие когда-то бывшей сети. Сущность вопроса здесь кроется в том, что измененная в данном месте почва прорытием канавы и последующей засыпкой приобрела другие свойства в отличие от остальной окружающей ее площади, оставшейся нетронутой. Это дало в изображении на аэроснимке контраст, который не улавливается глазами на месте, но имеется в действительности и обнаруживается на аэрофотоснимке.

3. Значение аэрофотосъемки при изучении рельефа, водоразделов, водосборных площадей и т. п.

Для характеристики рельефа обследуемой местности по аэроснимкам пользуются методом стереоскопического анализа и изучения аэроснимков.

В стереоскоп вставляются два аэроснимка, имеющие общую часть (перекрывающие друг друга в процессе аэросъемки). При этом получается достаточное представление о рельефе местности. Степень нормального ощущения рельефа будет зависеть от степени перекрытия аэроснимков и масштаба их. Судить о превышении точек можно только относительно и приблизительно, сравнивая кажущуюся высоту одного предмета с кажущейся высотой другого предмета.

В некоторых случаях таким путем представляется возможным определять водораздельную линию и водосборную площадь.

О в р а г и выделяются на аэроснимке наиболее отчетливо среди других земных объектов. Форма оврагов, размер, направление склонов, овражные выносы, характер разветвления оврагов отображаются полно и точно и определяются очень легко. Ряд аэроснимков, полученных при аэросъемке, произведенной в различные периоды года или за ряд годов, дает точное представление как об интенсивности и характере распространения оврагов на определенной площади, так и о прекращении роста оврагов и их зарастаемости кустарниковой и древесной растительностью. Среди оврагов можно различить и балки, характеризующиеся сенокосными угодьями или культурами. Аэроснимок (рис. 61) дает представление об оврагах, прекративших рост и покрывшихся древесной растительностью. Между разветвлениями оврагов видны культурные пахотные земли и поля.

П р и и з ы с к а н и я х в г о р н ы х, т р у д н о д о с т у п н ы х м е с т а х аэросъемка является незаменимым средством.



Рис. 61.

1 — овраги, покрытые древесной растительностью; *2*—культурные пахотные поля.

Производство маршрутной аэросъемки вдоль предполагаемой трассы канала или дороги даст полное и точное представление о местности. Полученные по аэросъемочному материалу горного района сведения позволят учесть ряд факторов, необходимых при производстве работ и будущей эксплоатации сооружений.

Методом аэросъемки дается возможность в кратчайший срок получить данные о горных долинах и реках, берущих начало с горных снежных хребтов. По аэроснимкам горного массива можно определить положение реки в горном массиве, определить длину ее и притоков, охарактеризовать их с достаточной полнотой в кратчайший срок, невозможный для наземного обследования (рис. 62 дает представление об участке горного массива). И в этом случае метод стереоскопического определения и изучения объектов горных районов является ничем незаменимым и исключительно эффективным.

Горные озера среди горных массивов могут быть найдены и определены по своей площади в кратчайший срок исключительно только таким методом.

Работами, произведенными в этом направлении, были открыты затерявшиеся в горах озера, водная масса которых послужила основанием для проектирования силовых установок. Эти установки дали энергию для заводов по переработке древесины (экспедиция Морского департамента США на Аляску).



Рис. 62. Горный район (уменьшение с контактного отпечатка 18 × 24 см, масштаба 1:10 000).

4. Роль аэросъемки в изучении почвенного и растительного покрова

а) **Изучение почвенных образований.** При использовании аэросъемочных материалов для рекогносцировочных обследований открывается и перспектива возможности определения (дешифрирование) некоторых почвенных образований по аэроснимкам.

В тех случаях, когда цвет почвы является определяющим началом, применение специального фотографического материала и соответствующих светофильтров дает возможность определения некоторых почв по оттенкам, передаваемым на аэроснимках.

Надо иметь в виду, что влажные поверхности, как правило, изображаются на аэроснимках темнее сухих. При определении почв учитываются и коэфициенты отражения света от естественных поверхностей.

При дешифрировании снимков необходимо также иметь представление о том, каким получается фотоизображение одной и той же естественной поверхности в зависимости от угла наклона солнечных лучей. Чем круче по отношению к данной поверхности падают лучи, тем сильнее освещение, тем светлее оттенок изображения.

В данное время при небольшой тренировке совершенно безошибочно можно различить на аэроснимке пески, песчаные образования, черноземную почву, если она находится среди светлых почвенных образований. Растительный покров, густо покрывающий поверхность земли, затрудняет возможность определения почв, но в тех случаях, когда растительность или культуры будут функционально связаны с определенными почвенными грунтовыми образованиями они повышают возможность определения; работы по различению на аэроснимках почвогрунтовых образований находятся в данное время в стадии о ыта, методология определения не установлена. Несомненно, что зональные особенности почвогрунтовых комплексов, а также рельеф, окружающая ситуация и прилегающая топографическая обстановка облегчают дешифровку основного типа почвообразования в изучаемом месте. Аэросъемка найдет себе применение при составлении почвенных карт в районе лесных заболоченных мест, обширных пустынных пространств Средней Азии и нашего севера.

б) **Характеристика растительного покрова.** Растительный покров в общем различается на аэроснимках и определяется по ним с большой отчетливостью. По аэроснимкам можно различать посев кукурузы, бахчи, подсолнух, сеяные травы, бураки, коноплю и другие огородные культуры. Просо, кукуруза, бураки могут различаться только в определенные периоды их спелости. Сады молодые и старые отличаются легко. Сенокосы могут быть отличимы только в определенное время — во время или после уборки сена. На сенокосных площадях отображаются ряды скошенного сена и копны. Заливные сенокосы выделяются легко, так как они располагаются вдоль рек, ручьев и имеют иногда кустарниковую растительность. На рисунке 63 представлена река с прилегающими угодьями и хозяйствами.

На луговых угодьях, заснятых в крупном масштабе, можно различать разнообразие пород трав, связанных с различным рельефом, изменением состава почв и степенью их влажности. Растительные формации будут выделяться в виде разнообразных контуров на общем фоне площади. Это позволит разрешать камеральным путем некоторые вопросы мелиорации луговых угодий.

Практикой аэроэкономического обследования при землеустройстве по аэросъемочному материалу установлено, что и землеустроитель, и агроном, и мелиоратор опознают некоторую часть с.-х. объектов с достаточной легкостью. Необходим некоторый навык в этой работе.

Характеристика по аэроснимкам — лесных объектов (вопрос у нас в СССР и за границей достаточно проработан) удается с достаточной полнотой.

Можно сказать, что контуры лесных насаждений, более или менее резко обособленных в натуре, могут с исключительной отчетливостью отличаться от контуров остального растительного покрова и нелесных площадей.

Однако, таксационные элементы определяются с некоторыми затруднениями. Возможно определить основную преобладающую породу, состав насаждений, двойную ярусность, полноту, в некоторых случаях классы возраста и некоторые бонитеты и типы лесов.

По аэроснимку лесные культурные площади от некультурных отличаются по правильности рядов посадки, контурам. Аэросъемка дает точный план площади вырубок, гарей с мелкими подробностями на них. По ряду аэроснимков, произведенных в различные периоды, можно судить об изменениях в лесном массиве как в пространстве, так и во времени.

Масштабы аэроснимков при изучении лесов колеблются от 20 до 100 м в 1 см. Более целесообразным масштабом надо считать 20 м в 1 см. Стереоскопический метод рассматривания аэроснимков лесных площадей даст возможность изучить лес еще более углубленно.



Рис. 63. Река и прилегающие к ней участки.

в) **Изучение болот, песков и других образований.** Обширные болота, песчаные образования, сеть оврагов определяются по аэрофотоснимкам весьма легко. Площадь болота, форма болота, некоторые растительные формации болота, тип болота (травяное или моховое) определяются с достаточной уверенностью (рис. 64).

Сфагновые болота с низкорослой сосной отличаются от осоково-сфагновых и чистых сфагновых, давая границу перехода. Поверхность болот настолько хорошо отображается на аэроснимках, что для исследователя последние являются ничем незаменимым материалом.

Степень проходимости болота определяется по тону поверхности болота, по отсутствию или присутствию древесной растительности, по темным пятнам (мочажинам с водой) и черным прослойкам (протокам воды).

Аэросъемкой можно также зафиксировать песчаные массивы и образования, распространение песков и наступление их на культурные земли, интенсивность их наступления. Среди культурных обрабатываемых земель они резко выделяются своим цветом и конфигурацией. Аэросъемка дает возможность зафиксировать формы поверхностей песков (рельеф), анализ этих форм при изучении позволит определить факторы, действующие на образование, и учитывать их при различных хозяйственных мероприятиях.

г) **Методы изучения аэроснимков для водохозяйственных целей.** Основными признаками, позволяющими характеризовать объекты на аэроснимках, являются: размер, форма, тон и тень.

Действительный размер объектов определяется по формуле

$$L = ln, \qquad (1)$$



Рис. 64.

1 — моховое болото; *2* — мшистое место; *3* — кустарник; *4* — поляна; *5* — сосновый лес; *6* — лесосека.

где L — истинный размер, l — размер изображения объекта на аэроснимке (берется циркулем на линейку) и n — знаменатель численного масштаба аэроснимка (узнается по фокусному расстоянию f аэрофотоаппарата и высоте полета H в момент фотографирования).

Например, по аэроснимку мы измерили ширину канала и получили 0,5 мм, масштаб нашего аэроснимка 1 : 10 000, тогда ширина канала в действительности $L = 0{,}5 : 10\,000 = 5$ м. Можно ширину канала определить и иначе: по объекту, ширина которого нам известна в действительности. Измерив на фотоснимке в линейных единицах ширину этого известного нам объекта и ширину канала, определим последнюю в действительности.

Точность определения размеров будет зависеть от точности измерения на аэроснимке и от величины масштаба аэроснимка. Наш глаз может оценивать на аэроснимке детали, переданные на аэроснимок до известного предела, именно до 0,1 мм. Квадрат со сторонами 0,1 мм будет казаться точкой. Форма предмета, поместившаяся в таком квадрате, не определяется невооруженным глазом.

Производство аэросъемок для каждой определенной группы объектов было бы нерационально и дорого. Для рассматривания мелких деталей аэроснимков пользуются лупами, позволяющими увеличивать зрительный эффект на аэроснимке. Резкое фотоизображение аэроснимка позволяет применять 2-, 4- и 6-кратное увеличение. Этим достигается почти тот же

эффект, какой мы получили бы, если бы рассматривали аэроснимок более крупного масштаба, но невооруженным глазом.

Для определения сущности объекта служит его форма, которая для данного объекта может быть неизменной. Известная установившаяся закономерность распределения или расположения объектов (например водопроводящая система во взаимной последовательности разветвления) также служит признаком для определения характера и размеров объектов (например каналов) при их стандартности.

Оттенки серого тона на аэроснимке зависят от цвета или окраски предметов.

Следовательно, разница в оттенках даст возможность различить одни предметы от других; оттенки также зависят и от степени отражения света от поверхностей. Коэфициент отражения различных поверхностей различен (найден экспериментальным путем). Он равен: снег — 0,78, солома — 0,29, булыжная мостовая — 0,14, желтый песок — 0,31, сухой суглинок — 0,15, мокрый — 0,075, трава зеленая — 0,14, высохшая — 0,22, чернозем (пахотная земля) сухой — 0,072.

Таким образом, учитывая всю совокупность сведений и данных об исследуемых объектах, является возможность их определения путем сравнительного анализа и характеристики.

Тень, падающая от предметов на землю и отображающаяся на аэроснимках, является также в некоторых случаях определяющим моментом для характеристики их.

По тени можно определить форму и высоту объектов. Высота по тени определяется по формуле

$$h = tn\,tg\,\varphi, \qquad (2)$$

где h — высота предмета, t — длина его тени на аэроснимках, n — знаменатель численного масштаба аэроснимка и φ — угол наклона солнечных лучей к горизонту (находится по таблице).

Тень, падающая от дерева, дает характеристику породы. Тень, падающая от ж.-д. моста, дает представление о конструкции его. Тень, падающая от постройки, дает представление о конструкции постройки. Представления эти конечно общие. Однако, все эти методы и приемы изучения предметов не являются исчерпывающими. Рассматривание в стереоскоп стереоскопических пар открывает большие возможности. Предметы в стереоскопе «вырастают» и видимы в пластическом изображении, т. е. не только в горизонтальном направлении, но и в вертикальном.

Этот метод является наиболее действительным методом изучения и исследования поверхности земли по аэроснимкам, и он лег в основу специального фотоинструментального исследования по аэрофотоснимкам на сложнейших стереоприборах, целью которых, помимо зрительной оценки и характеристики объектов, является графическое изображение их на плоскости в желаемом масштабе как в горизонтальном, так и в вертикальном выражениях.

Таким образом, как видим из вышеприведенного, очень много сведений возможно получить путем изучения аэрофотосъемочного материала по его фотографическому изображению, не выходя в поле.

Наиболее полные и точные сведения получаются как результат полевой дешифровки аэрофотосъемочного материала.

В этом случае топографические элементы и объекты местности наносятся на аэрофотосъемочный материал в условных знаках.

Отдешифрированный таким путем материал используется для специальных полевых обследований: почвенных, ботанических, гидрологических, мелиоративных и др.

Полевая дешифровка производится по Инструкции, утвержденной Государственным междуведомственным геодезическим советом.

§ 20. Организация и стоимость аэросъемки

Условия применения аэросъемки. Аэрофотосъемка выгодна для применения на больших площадях, исчисляемых тысячами квадратных километров, и нерентабельна с точки зрения стоимости на малых.

Действительно, стоимость переброски к месту работ летных средств, оборудования полевых лабораторий, персонала ложится большим накладным расходом на квадратный километр съемки.

Практика аэросъемочных работ и в этом случае дает выход: незначительные площади обыкновенно покрываются аэрофотосъемкой в том случае, если поблизости производится съемка больших площадей. В этом случае накладные расходы падают незначительной частью, и аэрофотосъемка делается рентабельной.

Кроме вышеуказанных причин, ограничивающих широкое применение аэрофотосъемки, не последнюю роль играют климатические условия.

Отсутствие путей сообщения в районе аэрофотосъемки также сильно удорожает работу. В этом случае необходимые запасы горючего, смазочного и прочих материалов приходится подвозить гужом или по рекам. Практика применения аэрофотосъемки в необжитых пространствах, лишенных путей сообщения, говорит за то, что при больших площадях применение ее все же выгодно.

1. Стоимость аэрофотосъемочных работ

Общая стоимость работ по аэрофотосъемке слагается из стоимости нижеследующих отдельных процессов, выполняемых частями:

1. Летная часть: изыскание аэродрома, содержание личного состава, технические расходы на горючее и смазочное, по уходу за самолетами и по охране их, транспортные расходы, хозяйственные и непредвиденные расходы и накладные расходы.

2. Аэрофотосъемочная часть: составление летной карты, аэрофотосъемка, переезды аэросъемщика и ст. инженера во время исполнения работ, материалы, спецодежда, амортизация аппаратуры и инвентаря, содержание технического персонала в подготовительный к работе период и в период камеральных работ, отпуска, соцстрахование и спецстрахование, ремонт аппаратуры, служба погоды и др.

3. Геодезическая часть: проложение триангуляции и полигонометрии разных классов, тахеометрических ходов, нивелировок. привязки снимков, определения фотограмметрических точек и точек рельефа, изображение рельефа горизонталями, дешифровка, камеральные работы, амортизация инструментов и инвентаря, соцстрахование сотрудников, отпускные и др.

4. Фотограмметрическая часть: сгущение геодезической основы камеральным путем, трансформирование, монтирование и отделка планшетов-фотопланов, регистрация негативов, отпечатков, геодезических основ, фотопланов и калек высот, инструктирование, контроль планшетов-фотопланов, амортизация аппаратуры и инвентаря, соцстрахование сотрудников, спецодежда, энергия и др.

5. Фотографическая часть: материалы для аэросъемки, обработка фильм, исправление и контроль негативов, печатание контактных отпечатков и составление из них альбомов, трансформирование, инструктирование, испытание материалов, репродукция планшетов-фотопланов, амортизация аппаратов и инвентаря, электроэнергия, спецодежда и др.

6. Административно-хозяйственные расходы: содержание, разъезды и отпуска начальника партии, его помощника, конторщика, счетовода, сторожей, уборщиков и истопников, соцстрахование сотрудников, перевозка личного состава партии и груза к месту работ и обратно, наем помещения и оборудование его, нотариальные, канцелярские и почтово-телеграфные расходы, инспектирование работ, поверка и сдача планшетов-фотопланов, устройство связи и метеорологической станции и другие расходы.

Сумма итогов по шести вышепоименованным частям составляет сметную себестоимость аэрофотосъемки данного района.

Для получения полной стоимости работы к полученной фактической стоимости надо прибавить накладные расходы по содержанию центрального аппарата.

Стоимость отдельных процессов по частям для аэросъемок м. 1: 10000 и 1 : 25000 возможно ориентировочно выразить следующим процентным отношением:

1. Летная часть	20—15%
2. Аэрофотосъемочная часть	5— 3
3. Геодезическая часть	50—61
4. Фотограмметрическая часть	17—15
5. Фотографическая часть	5—3
6. Административно-хозяйственная часть	3—3

При аэрофотосъемках в более мелких масштабах применением специальных камер (например, девятиобъективных) — стоимость летной и аэросъемочной частей значительно сократится, но увеличится стоимость геодезической части.

Стоимость отдельных процессов отдельно по полевым и по камеральным работам ориентировочно выразится следующим процентным отношением:

Полевые работы

1. Летная часть	20—15%
2. Аэросъемочная часть	5—3
3. Геодезическая часть	35—43
4. Фотограмметрическая часть	5—7
5. Фотолабораторная часть	3—1
6. Административно-хозяйственные расходы	2—2

Камеральные работы

1. Геодезическая часть	15—18%
2. Фотограмметрическая часть	12—8
3. Фотолабораторная часть	2
4. Административно-хозяйственные расходы	1—1

При увеличении съемочной высоты площадь покрытия одним снимком возрастает, следовательно число снимков, необходимых для покрытия определенного участка, уменьшится и будет тем меньше, чем мельче съемочный масштаб. Необходимо отметить, что в этом случае придется трансформатором значительно увеличивать фотоснимки, благодаря чему понизится качество фотоматериала.

Количество потребного тех. персонала для выполнения аэрофотосъемки и наземной планово-высотной съемки одной и той же площади в одном масштабе и в один и тот же срок приводится в табл. на стр. 183.

Стоимость 1 кв. км аэрофотосъемки в центральной части РСФСР средней трудности местности в м. 1 : 10000 с изображением рельефа горизонталями через 2 м по высоте с полугоризонталями в равнинной местности через 1 м — ориентировочно равна 450 руб., а в м. 1 : 25000 с изображением рельефа горизонталями через 5 м с полугоризонталями в равнинной местности через 2 м — 270 рублей.

Уменьшение стоимости аэросъемочных работ может быть произведено:

а) за счет уменьшения стоимости геодезических работ и

б) за счет уменьшения стоимости летной части путем уменьшения съемочного масштаба, благодаря чему уменьшатся фотограмметрические и фотолабораторные работы.

Уменьшение полевых геодезических работ достигается путем введения в обработку надирной триангуляции (см. выше), которая позволяет развивать сеть ориентировочных точек камерально. При надирной триангуляции достаточно иметь на планшет съемки м. 1:10000 7-8 точек, определенных геодезическим путем.

Масштаб и площадь съемки	Триангулятор		Топографы		Пр. персон. (рабочие)		Пр. персон.	Всего	
	Аэросъемка	Мензульная съемка	Аэросъемка	Мензульная съемка	Аэросъемка	Мензульная съемка	Аэросъемка	Аэросъемка	Мензульная съемка
Масштаб 1 : 10 000 на площади 10 000 км (всего 400 планшетов)	10 чел.	10 чел.	65 чел.	130 чел.	195 чел.	390 чел.	50 чел.	320 чел.	530 чел.

Литература к главе V

1. Бонч-Бруевич М. Д. Аэрофотосъемка. Транспечать. Москва, 1931.
2. О применении аэрофотосъемки в водном строительстве. Ленинград. Изд. Инст. путей сообщения. 1928.
3. Самойлович Г. Г. Путь применения авиации в различных отраслях лесного хозяйства. Ленинград. Изд. Лесопром. НИИЛ.
4. Селяков. Аэросъемка и применение ее к землеустройству. 1930.
5. Материалы Всесоюзного совещания по аэрофотосъемке в Ленинграде. Изд. Ленинградского отделения по аэросъемке н.-и. института геодезии и картографии.
6. Справочник по аэрофотосъемке. 1934.
7. Аэросъемка в землеустройстве. НИИОТ 1935 г.

РАЗДЕЛ III

КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

А. Элементы метеорологии и метеорологические исследования

ГЛАВА I

ТЕПЛОВОЙ И БАРИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

§ 1. Тепловой режим

Режим тепла на земле является определяющим для остальных метеорологических, а с ними гидрологических и других факторов и явлений. Данные о тепловом режиме используются при проектировании водохозяйственных мероприятий в разнообразных направлениях: в проектах с.-х. мелиораций земель, в гидрологических расчетах, связанных с речным стоком, испарением воды, зимним режимом рек, каналов, водохранилищ, в расчетах гидротехнических сооружений и других случаях.

1. **Солнечная радиация** является основным источником энергии на земле. Количество тепла, посылаемое солнцем, исчисляется в среднем в 2 мал. калории в минуту на 1 см² площадки, нормальной к солнечным лучам и находящейся на границе земной атмосферы (напряжение солнечной радиации).

Величина напряжения солнечной радиации, или инсоляции, зависит от: 1) географической широты места, 2) времени года, 3) времени дня и 4) состояния атмосферы (облачность уменьшает инсоляцию). Инсоляция уменьшается с увеличением географической широты, по времени года колеблется от минимума в январе до максимума в летние месяцы, плавно возрастая и затем понижаясь к концу календарного года. В течение суток инсоляция возрастает с восхода солнца, достигая максимума в полдень, а затем постепенно снижается к заходу солнца, когда и прекращается для данного места земной поверхности.

Для наблюдений над солнечной радиацией служат актинометры (Виолля-Савельева, Онгстрема-Хвольсона и др.), устанавливаемые на опорных станциях.

Наблюдения над продолжительностью солнечного сияния, т. е. периода, когда небо не покрыто облаками, ведутся с помощью гелиографов (Величко, Кемпбеля и др.). Кроме того, на обычных метеорологических станциях и постах регистрируются облачные и солнечные дни путем отметок в журналах срочных наблюдений о состоянии неба и характере облаков.

2. **Температура** воздуха характеризует тепловой режим атмосферы вблизи земной поверхности. Температура воздуха испытывает суточные и годовые колебания в месте наблюдения, для учета каковых ведутся наблюдения

на метеорологических станциях (II и I разрядов) 4 раза в сутки: в 1, 7, 13 и 19 час. с точностью до 0,1° С (Цельсия). Приборами для измерения температуры, помещаемыми в метеорологической будке, являются психрометр Августа, максимальный и минимальный термометры. По данным срочных наблюдений исчисляются суммы температур за день, средние суточные температуры, средние месячные и средние годовые температуры, а также максимумы и минимумы температур.

Колебания суточных и годовых температур аналогичны колебаниям солнечной радиации, но несколько сдвинуты во времени в сторону некоторого запаздывания наступления максимумов температур по сравнению с максимумами радиации, в чем сказывается влияние условий земной поверхности.

Помимо колебаний во времени температурный режим меняется и в пространстве: с высотой места и с его географическими координатами. Распределение температур характеризуется картами изотерм, т. е. линий, соединяющих пункты с одинаковыми температурами воздуха, например, карты годовых изотерм, месячных, средних суточных и пр.

Данные наблюдений за температурой обрабатываются в форме таблиц, графиков колебаний температур и карт изотерм.

Сумма тепла, получаемого растениями за их вегетационный период (от всходов до полного созревания), характеризует приблизительные условия произрастания того или иного вида растений в данном районе с данным режимом температур; сумма тепла измеряется как сумма средних суточных температур воздуха за вегетационный период; иногда исчисляют сумму температур за год или за период температуры выше 0°.

Таблица сумм тепла, необходимого для вегетации различных культур *

№	Растения	Сумма тепла в градусах С
1	Ячмень	1 700—2 500
2	Пшеница яровая	1 780—2 275
3	Рожь озимая	2 250—2 950
4	Свекла	2 460—2 700
5	Соя	2 500—3 000
6	Табак	3 200—3 600
7	Рис поздний	3 500—4 500
8	Хлопок	около 4 000

3. **Температура почвы** играет существенную роль в жизни растений и учитывается при проведении тех или иных мелиораций, имеет она также значение для условий работы фундаментов сооружений. Температура почвы измеряется специальными почвенными термометрами (Савинова), шарики которых располагаются на разной глубине от поверхности земли — 0,25; 0,50 м, и так называемыми вытяжными, которые дают температуры на глубинах 0,75; 1,0; 1,50 м и т. д.

Температура почвы подвержена колебаниям, аналогичным колебаниям температуры воздуха, суточным и годовым, постепенно затухающим с глубиной. Колебания совершенно затухают на некоторой глубине, где находится слой постоянной суточной температуры (примерно на глубине около 1 м). Аналогично существует слой постоянной годовой температуры (глубина 15—30 м, в зависимости от местных условий).

* Новейшие достижения агрономии (приемы яровизации) позволяют продвигать с.-х. культуры далеко за пределы географических районов их обычного распространения, однако необходимость изучения теплового режима местности остается.

Данные наблюдений за температурой почвы обрабатываются аналогично данным температуры воздуха.

Особое значение приобретают отрицательные температуры (ниже 0°), в частности глубина промерзания почвы, учитываемая при проектировании фундаментов или земляных гидротехнических сооружений, а также так называемая вечная мерзлота. Под последней понимают слой земной коры с постоянной температурой ниже 0°, замерзший. Этот слой имеет значительную толщину — от нескольких метров до нескольких десятков и даже сотен метров. Верхняя часть этого слоя оттаивает на небольшую глубину (1—1,5 м) летом.

Вечная мерзлота распространена у нас на севере СССР, в Сибири, занимая в общем до 40% площади. Южная граница ее соответствует приблизительно годовой изотерме от —2° до +0,9° (по Вильду), в Сибири доходит до 50° сев. широты. Над вечной мерзлотой ведутся специальные наблюдения; существует при Академии наук СССР специальная комиссия по изучению вечной мерзлоты (КИВМ).

§ 2. Давление воздуха

Давление воздуха играет большую роль в целом ряде метеорологических явлений, как образование циклонов и антициклонов, образование ветров и гидрометеоров (осадки и пр.). Оно связано тесно также с колебаниями температуры воздуха. Непосредственно фактор давления воздуха в проектировании водохозяйственных мероприятий почти не учитывается, при изменениях же практически необходим в случае барометрической нивелировки.

1. **Измерения давления** воздуха делаются ртутными барометрами (основной прибор на станциях II разряда) и анероидами, барометрами менее точными, чем ртутные барометры, и являющимися приборами вспомогательными.

2. **Колебания давления** по времени в общем не очень велики: суточные в пределах от 0,2 до нескольких мм ртутного столба, в отдельных случаях до 10 и более мм; годовые, зависящие, как и суточные, от колебания температуры воздуха, больше и достигают величины нескольких десятков мм.

Изменения давления воздуха по высоте носят закономерный характер, что и используется для целей измерения высот местности. Распределение давлений воздуха по земной поверхности изображается картами изобар, т. е. линий равных давлений воздуха средних годовых или за другой период времени.

§ 3. Ветер

Данные о ветрах, их направлениях и силе необходимы при учете величины испарения воды с поверхности земли и воды, при расчетах сооружений на устойчивость, при расчете запасов высоты плотин на волнение воды в водохранилище, развиваемое ветром. Образование ветра обусловливается разностью давлений воздуха, разностью температур двух пунктов и связано с циклонической деятельностью вообще.

1. **Наблюдения над ветром.** Ветер характеризуется двумя элементами: направлением, откуда он дует, и скоростью. На метеорологических станциях для наблюдения за ветрами устанавливается на высоком столбе (высотой 8—10 м от поверхности земли) флюгер Вильда, который ориентирован относительно стран света и имеет с одной стороны собственно флюгер для указания направлений и дощечку размерами до 300 мм и шириной 150 мм, весом 200 г, подвешенную на горизонтальной оси и могущую отклоняться при действии ветра на тот или иной угол в зависимости от его скорости.

а) Скорость наблюдается по поднятию дощечки в отношении штифтов указателей, прикрепленных к дуге, имеющей центр на оси вращения дощечки. Штифтов-указателей 8. Первый соответствует нулевой скорости, последний (высший) — 20 м/сек.

В местностях с сильными ветрами дощечка делается весом 800 г. В таком случае показания скорости варьируют между 0 и 40 м/сек.

Существует также шкала скорости ветров, приводимая в бюллетенях, употребляемая также в морском деле, где скорость ветра оценивается баллами. Шкала эта приводится ниже в таблице.

Шкала ветров Бофорта

Категория ветров		Баллы Бофорта	Скорость м/сек.
Словесная характеристика	Бесприборная оценка		
1	2	3	4
Штиль	Дым поднимается отвесно или почти отвесно; листья неподвижны.	0	0—0,5
Тихий	Движения флюгера незаметны; направление ветра определяется без прибора.	1	0,6—1,7
Легкий	Дуновение ветра чувствуется лицом; листья шелестят; флюгер начинает двигаться.	2	1,8—3,3
Слабый	Листья и тонкие ветки деревьев все время колышатся; ветер развевает легкие флаги.	3	3,4—5,2
Умеренный	Ветер поднимает пыль; приводит в движение тонкие ветки деревьев.	4	5,3—7,4
Свежий	Качаются тонкие стволы деревьев, на воде появляются волны с гребешками.	5	7,5—9,8
Сильный	Качаются толстые сучья деревьев, гудят телеграфные провода, трудно пользоваться зонтиком.	6	9,9—12,4
Крепкий	Качаются стволы деревьев; гнутся большие ветки, при ходьбе против ветра испытывается заметное сопротивление.	7	12,5—15,2
Очень крепкий	Ветер ломает тонкие ветки и сухие сучья деревьев; затрудняет движение.	8	15,3—18,2
Шторм	Небольшие разрушения (ветер срывает дымовые трубы и черепицу).	9	18,3—21,5
Сильный шторм	Значительные разрушения; деревья вырываются с корнем.	10	21,6—25,1
Жестокий шторм	Большие разрушения.	11	25,2—29,0
Ураган		12	Более 29,0

Кроме статических приборов или дощечек, служащих для грубого определения скорости ветра, употребительны для той же цели точные динамические приборы — анемометры, которые дают возможность установить скорость ветра по числу оборотов чашечных крыльев. При детальном изучении влияния скоростей ветра на испарение с открытой водной поверхности употребляют ручные анемометры Фюсса, наблюдения по которым ведутся в этом случае на высоте около 1 м над поверхностью воды.

б) Направление ветра учитывается числом случаев его действия по 16 румбам, определяющим направление по странам света. Обычно при обработке ограничиваются только восемью основными румбами (*N, NE, E, SE, S, SW, W, NW*). При этом каждый из наблюдавшихся второстепенных румбов относят поровну к основным.

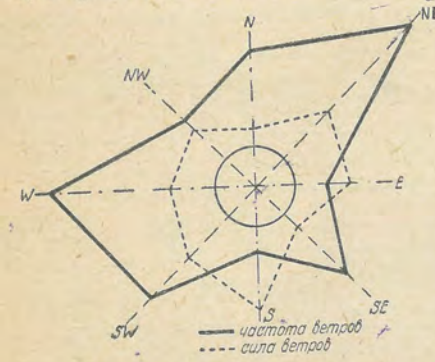


Рис. 1. Роза ветров.

2. **Изменения скорости и направления ветра.** По данным срочных суточных наблюдений исчисляют скорости ветра: средние суточные, месячные, годовые, а также их максимумы для определенных направлений (румбов) или независимо от таковых для всех ветров.

Направления ветров, относимые к 8 основным румбам, характеризуют числом дней в году ветра данного направления, выражая это число часто в процентах от числа дней в году, принимаемого за 100.

Наглядным изображением направлений и силы (скорости) ветров служат розы ветров (рис. 1), где по направлениям румбов откладывается от центра или особого круга частота ветров (повторяемость, число дней в процентах), и полученные точки, будучи соединены линиями, образуют розу повторяемости или частоты, ветров; откладывая по тем же направлениям средние скорости ветров, получают аналогичным путем розу силы ветров (на рис. 1 пунктиром).

ГЛАВА II

ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА И ИСПАРЕНИЕ

§ 4. Влажность

Содержание влаги в воздухе в виде водяных паров («гигрометрическое состояние»), характеризуемое влажностью, имеет большое значение в гидрологии. Оно определяет в значительной мере потери влаги земных водоемов на испарение и тем влияет на размер речного стока, оно же обусловливает в известной мере выпадение атмосферных осадков. Влажность воздуха учитывается при проектировании различных мелиоративных воздействий на почву.

Абсолютной влажностью e называют упругость водяных паров, находящихся в воздухе, измеряемую миллиметрами ртутного столба.

Относительной влажностью r называют отношение в процентах упругости e к максимальной упругости E паров, насыщающих воздух при данной температуре.

1. **Измерения и вычисления влажности.** Для измерения влажности воздуха применяются различные приборы: психрометры или гигрометры.

Психрометр Августа — наиболее распространенный инструмент на метеорологических станциях. Он состоит из двух термометров, установленных вертикально на подставке в метеорологической будке; шарик одного из них обернут батистом, опускающимся одним концом в сосуд с водой; батист поддерживает таким образом постоянную смоченность шарика, и термометр носит название смоченного.

Второй термометр сухой. Испарение с батиста понижает температуру смоченного термометра по сравнению с сухим, так что показания сухого и смоченного термометров неодинаковы.

Психрометр Ассмана устроен по такому же принципу (сухой и смоченный термометры), но шарики окружены трубками, через которые равномерно всасывается наружный воздух. Протекающая вокруг смоченного термометра струя воздуха вызывает испарение и понижение его температуры.

Гигрометры устроены по принципу изменения длины натянутого в приборе волоса при изменении влажности (например гигрометр Соссюра).

Вычисление абсолютной влажности по психрометру Августа производится с помощью формулы:

$$e = E' - 0{,}0007947\,(t - t')\,H, \qquad (1)$$

и для вычисления относительной влажности служит формула:

$$r = 100\,\frac{e}{E}, \qquad (1')$$

где: e — абсолютная влажность в миллиметрах ртутного столба;
t и t' — отсчеты по сухому и смоченному термометрам;
E и E' — упругость насыщающих паров при температурах t и t';
H — атмосферное давление в миллиметрах ртутного столба.

Для ускорения подсчета абсолютной и относительной влажности служат психрометрические таблицы, составленные Главной геофизической обсерваторией.

Пример подсчета влажности. Пусть $t = 17{,}8°$ и $t' = 15{,}4°$. По таблице (см. ниже) упругости насыщающих паров находим: $E = 15{,}28$ мм и $E' = 13{,}12$. Пусть давление $H = 755$ мм, тогда $e = 13{,}12 - 0{,}0007947\,(17{,}8 - 15{,}4)755 = 11{,}7$ мм

$$r = 100\,\frac{11{,}7}{15{,}28} = 76\ \%.$$

2. **Дефицит влажности** представляет собой разность между упругостью паров, насыщающих воздух при данной температуре E, и упругостью паров, находящихся при той же температуре в воздухе e.

Для вычисления дефицита влажности на основании измерения температур сухого и смоченного термометров необходимо подсчеты производить для каждого из 4 срочных наблюдений (1, 7, 13 и 19 часов), затем выводить среднее значение дефицита на каждый день, затем за месяц и за год. Так как при обработке большого числа наблюдений такие вычисления громоздки и утомительны, то для упрощения вычислительных операций подсчет за месяц ведется по средней месячной температуре. Однако, как показали исследования Ольдекопа, дефицит влажности, вычисленный по средней месячной температуре, оказывается процентов на 20 меньше средней из дефицитов, полученных по срочным наблюдениям. Это объясняется тем, что упругость пара; соответствующая средней месячной температуре, не равна средней величине из упругостей отдельных наблюдений.

Таблица упругости насыщающих воздух паров (в миллиметрах ртутного столба)

Температура	Десятые доли градуса									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—30	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26
—29	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28
—28	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31
—27	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35
—26	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39
—25	0,47	0,47	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43
—24	0,52	0,52	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,48	0,48	0,48
—23	0,58	0,57	0,56	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53
—22	0,64	0,63	0,62	0,62	0,61	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58
—21	0,70	0,69	0,69	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65	0,65	0,64
—20	0,77	0,76	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71
—19	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78
—18	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86
—17	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
—16	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04
—15	1,24	1,23	1,22	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14
—14	1,36	1,34	1,33	1,32	1,31	1,30	1,28	1,27	1,26	1,25
—13	1,49	1,47	1,46	1,45	1,43	1,42	1,41	1,39	1,38	1,37
—12	1,63	1,61	1,60	1,58	1,57	1,56	1,54	1,53	1,51	1,50
—11	1,78	1,76	1,75	1,73	1,72	1,70	1,69	1,67	1,66	1,64
—10	1,95	1,93	1,91	1,89	1,88	1,86	1,84	1,83	1,81	1,80
— 9	2,21	2,11	2,09	2,07	2,05	2,03	2,02	2,00	1,98	1,96
— 8	2,32	2,30	2,28	2,26	2,24	2,22	2,20	2,18	2,16	2,14
— 7	2,53	2,51	2,49	2,47	2,45	2,42	2,40	2,38	2,36	2,34
— 6	2,76	2,74	2,71	2,69	2,67	2,64	2,62	2,60	2,58	2,55
— 5	3,01	2,98	2,96	2,93	2,91	2,88	2,86	2,83	2,81	2,78
— 4	3,28	3,25	3,22	3,19	3,17	3,14	3,11	3,09	3,06	3,03
— 3	3,57	3,54	3,51	3,48	3,45	3,42	3,39	3,36	3,33	3,30
— 2	3,88	3,85	3,82	3,78	3,75	3,72	3,69	3,66	3,63	3,60
— 1	4,22	4,18	4,15	4,11	4,08	4,04	4,01	3,98	3,94	3,91
— 0	4,58	4,54	4,50	4,47	4,43	4,40	4,36	4,32	4,29	4,25
+ 0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,78	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,52	5,56	5,60	5,64
3	5,68	5,72	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,96
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,56	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8	8,04	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,41	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,84	8,90	8,96	9,02	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,58	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,08	11,16
13	11,23	11,30	11,33	11,45	11,53	11,60	11,66	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,20	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,56	16,68	16,79	16,89	17,00	17,10	17,21	17,32	17,43

Температура	Десятые доли градуса									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,08	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,76	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,56	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,84	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,78	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,35	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,18
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,52	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,74	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,86	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,37	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94
35	42,18	42,41	42,64	42,38	43,12	43,36	43,60	43,84	44,08	44,32
36	44,56	44,81	45,05	45,30	45,55	45,80	46,05	46,30	46,56	46,81
37	47,07	47,32	47,58	47,84	48,10	48,36	48,63	48,88	49,16	49,42
38	49,69	49,96	50,23	50,50	50,77	51,05	51,32	51,60	51,88	52,16
39	52,44	52,72	53,01	53,29	53,58	53,87	54,16	54,45	54,74	55,03
40	55,32	55,61	55,91	56,21	56,51	56,81	57,11	57,41	57,72	58,03

Примечание. В первом столбце приведены целые градусы, в первой строке — десятые доли градуса. Чтобы найти например упругость паров при —23,4°, надо искать ее на пересечении 8-й строки, соответствующей —23°, и 5-го столбца, соответствующего 4 десятым градуса, таким образом находим 0,55 мм.

В связи с этим Ольдекоп предложил поправку к подсчетам дефицита влажности по среднемесячной температуре, выражаемую следующим образом:

$$\Delta = 0{,}09\, A^2 \frac{d^2e}{dt^2}, \qquad (2)$$

где Δ — поправка; A — разность температур между максимальной (из срочных наблюдений в течение месяца) и среднемесячной; $\frac{d^2e}{dt^2}$ — вторая производная упругости пара по среднемесячной температуре. Для значений этой производной Ольдекопом составлена таблица, приводимая на стр. 192.

§ 5. Испарение воды

Испарение воды происходит непрерывно с водного зеркала источников, с почвенного и растительного покрова земли. Величина испарения поддается некоторому учету, но способы измерений до сих пор несовершенны, и результаты зависят от многообразных обстоятельств.

Таблица вычисления поправок к подсчетам дефицита влажности по среднемесячной температуре по Ольдекопу

$t°$	$\frac{d^2e}{dt^2}$	$t°$	$\frac{d^2e}{dt^2}$	$t°$	$\frac{d^2e}{dt^2}$	$t°$	$\frac{d^2e}{dt^2}$	$t°$	$\frac{d^2e}{dt^2}$	$t°$	$\frac{d^2e}{dt^2}$	$t°$	$\frac{d^2e}{dt^2}$
34	0,107	27	0,080	20	0,059	13	0,042	6	0,030	—1	0,021	— 8	0,013
33	0,103	26	77	19	56	12	40	5	28	—2	20	— 9	13
32	0,099	25	74	18	54	11	38	4	27	—3	19	—10	12
31	95	24	71	17	51	10	37	3	25	—4	18	—11	12
30	91	23	68	16	49	9	34	2	23	—5	16	—12	11
29	87	22	64	15	47	8	33	1	22	—6	14	—13	10
28	84	21	61	14	44	7	31	0	22	—7	14	—14	09

Измерительные приборы (э в а п а р о м е т р ы) дают цифры возможного испарения, или, как говорят, и с п а р я е м о с т и, при избытке влаги в водоемах, но действительное испарение с суши и растений находится в зависимости от количества наличной влаги. Если не было продолжительное время дождей, — почва и водоемы высыхают и действительное и с п а р е н и е мало, между тем способность испаряться, или и с п а р я е м о с т ь, велика. После обильных дождей благодаря наличию влаги испарение сильно возрастает, а испаряемость уменьшается вследствие большого насыщения воздуха парами.

1. Способы и приборы для измерения испарения

Обычно величина испарения измеряется в миллиметрах испарившегося слоя воды.

а) **Испаритель Вильда.** На метеорологических станциях приборами для измерения испарения служат весовые испарители **Вильда**, помещаемые в английские будки. Этот испаритель представляет собой неравноплечие весы (рис. 2). На коротком плече покоится чашка с водой, уравновешиваемая на другом плече грузом с прикрепленной к нему стрелкой. По мере испарения воды вес чашки уменьшается, и она перемещается кверху. При наполненной чашке (слой воды 20 мм) стрелка стоит на 0, а при опорожненной — на цифре 20.

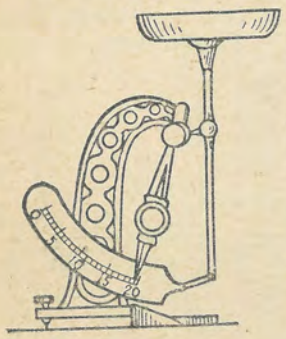


Рис. 2. Испаритель Вильда.

б) **Плювучий испаритель Лермантова-Любославского** применяется при измерении испарений с открытой водной поверхности. Он состоит (рис. 3) из двух жестяных сосудов, расположенных один над другим и соединенных трубкой, запираемой особой пробкой *C*. Нижний сосуд замкнут, верхний, открытый, вмещает воду, подвергающуюся испарению. Его площадь — 1 000 см². Прибор помещается на плоту с таким расчетом, чтобы зеркало воды, подвергающееся испарению, было возможно ближе к поверхности воды в реке или озере. От заплесков волн испаритель ограждается плювучими запанями, окружающими плот испарителя. Для учета выпавших из атмосферы осадков рядом с испарителем помещается плювучий дождемер (рис. 4).

Зарядка и производство измерений по эвапарометру Лермантова-Любославского проводятся следующим образом. Открывается пробка *C*, запирающая соединительную трубку сосудов, и через верхний сосуд, как через воронку, наполняется нижний сосуд до уровня верхнего края соединительной трубки, а вслед за этим пробкой *C*, имеющей вид длинной трубки, открытой у верхнего и нижнего концов, запирается сообщение между сосудами. Затем через вторую боковую трубку *D*, имеющую выход в нижний сосуд, нагнетается насосом воздух, давлением которого вода из нижнего сосуда вытесняется в верхний резервуар до достижения нормального в нем уровня *A*. В таком виде аппарат готов к действию.

При наблюдении за происшедшим испарением вынимается пробка *C*, вода стекает в нижний сосуд, а затем производится доливание свежей воды из градуированного сосуда до прежнего уровня в трубке. Долитое количество составит объем испарившейся воды, который приводится к слою в миллиметрах путем деления на площадь сосуда. Произведенными в Америке исследованиями установлено, что испарение зависит от размеров, формы и рода стенок и внутренней окраски испарителя. Кроме того, однородные испарители, помещенные на берегу и на воде, дают разные показания.

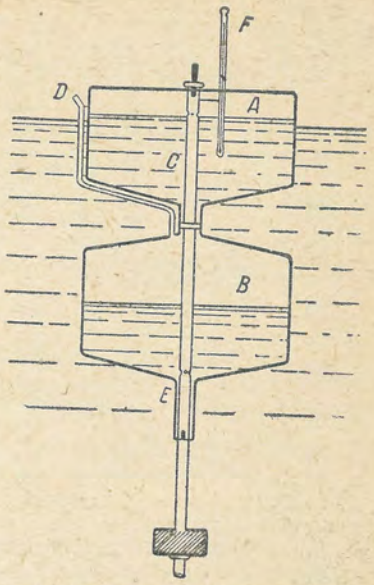


Рис. 3. Плювучий испаритель Лермантова-Любославского.

В практике Союза ССР применение плювучих испарителей введено относительно недавно, причем в системе Единой гидрометслужбы они не нашли еще достаточного распространения.

в) **Сравнение испарителей Вильда и Лермантова-Любославского.** Весовой испаритель Вильда как более простой и не громоздкий прибор больше распространен на метеорологических станциях. Однако, даваемые им результаты далеки от результатов плювучего испарителя, который действует в условиях, близких к природным. Между тем защищенный стенками английской будки прибор Вильда находится в измененных по сравнению с плювучим испарителем условиях температуры, ветра и инсоляции, что является главной причиной искажения диффузного испарения.

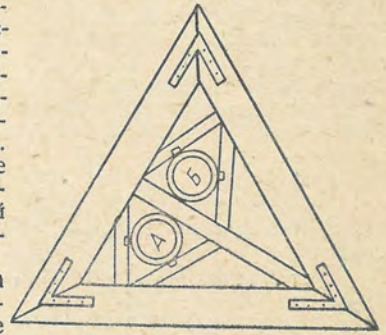


Рис. 4. Расположение плювучего испарителя Лермантова - Любославского и дождемера на одном плоту.

Многочисленные параллельные наблюдения по обоим испарителям не устанавливают функциональной зависимости результатов одного от другого, что можно усмотреть из следующего примера, взятого из наблюдений метеорологической станции Лесного института в Ленинграде:

1896 г.	Пруд, плавучий испаритель	Прибор Вильда Будка
Май	79,2	51,8
Июнь	126,3	57,8
Июль	138,5	58,1
Август	70,5	26,5
Сентябрь	30,3	15,1
Сумма	444,8	209,3

По новейшим исследованиям инж. Б. В. Полякова, в Заволжье, где был устроен большой испарительный бассейн, плавучие испарители Лермантова-Любославского дают показания несколько преувеличенные (до 20%) по сравнению с действительным испарением в прудах и других водоемах.

2. Формулы для вычисления испарения

При решении водохозяйственных вопросов испарение играет существенную роль в балансе стока, а потому при отсутствии непосредственных, притом долговременных наблюдений по плавучим испарителям приходится определять возможный слой испарения в данных климатических условиях теоретически.

а) Основной формулой для этой цели служит формула Дальтона, дающая величину диффузного испарения, т. е. испарения в неподвижную атмосферу; она имеет следующий вид:

$$Q = A' \frac{E - e}{H}, \tag{3}$$

где: Q — количество воды, испарившееся в единицу времени с единицы поверхности;

E — упругость насыщающих паров при температуре испаряющейся воды;

e — действительная упругость паров в воздухе;

H — атмосферное давление в миллиметрах и

A' — коэфициент, выражающий количество воды, испаряющейся с площади, равной единице, при $\frac{E - e}{H} = 1$.

Так как атмосферное давление в данной точке колеблется в незначительных пределах (см. § 2, п. 2), то без особой погрешности H принимают за постоянную величину; называя $\frac{A'}{H}$ через A, имеем:

$$Q = A (E - e). \tag{4}$$

Распространяя приведенную формулу на определенный промежуток времени (например сутки), принимают, что величина диффузного испарения за сутки равна среднему значению дефицита влажности ($E - e$) за этот промежуток, рассчитанному для температуры испаряющей поверхности и умноженному на постоянный коэфициент A, который равен величине диффузного испарения при дефиците $E - e = 1$ мм.

Для определения величины A необходимы опытные данные из непосредственных наблюдений над испарением в плавучем испарителе, причем использованию подлежат те измерения, которые соответствуют спокойному состоянию атмосферы. Для первого приближения можно для суточного периода принять $A = 0{,}5$.

В случае необходимости определить количество граммов паров, насыщающих $м^3$ воздуха или находящихся в $м^3$ воздуха, может быть использована формула:

$$q = \frac{1{,}06}{1 + 0{,}0037t} \cdot U \frac{г}{м^3}, \tag{5}$$

где под буквой U подразумевается либо упругость пара E, насыщающего воздух при температуре t, либо соответственно упругость пара e, содержащегося в воздухе при той же температуре.

При t, равной 16,5°, численный коэфициент равен единице.

б) **Формула Мейера** учитывает важный фактор — ветер*:

$$Q = 15\ (E - e)\ (1 + 0{,}224W) \tag{6}$$

или в таком виде:

$$Q = (E - e)\ (15 + 3{,}36W),$$

где Q — количество испарившейся воды за 30 дней в миллиметрах водяного слоя; E — упругость насыщающих воздух паров, вычисленная по средней месячной (30-дневной) температуре в миллиметрах; e — среднее месячное значение упругости паров в миллиметрах; W — средняя месячная скорость ветра в м/сек. на высоте 10 м от поверхности земли (высота флюгера).

Пример. Средняя месячная температура $t = 9{,}7°$; $e_{ср.} = 5.59$ мм; $W_{ср.} = 4$ м/сек, из таблицы (§ 4) $E_{ср.} = 9{,}02$ мм получаем $Q = 1{,}60$ мм.

Формула Мейера пригодна для больших открытых водоемов, где задерживающее влияние береговой растительности на ветер невелико. При малых сильно затененных водоемах для того же месячного периода следует пользоваться формулой диффузного испарения:

$$Q = 15\ (E - e).$$

в) **Формула Паршалля.** Для испарения за сутки:

$$Q = (E - e)\ (0{,}44 + 0{,}118w), \tag{7}$$

Q, E, e в дм, w — в милях/час,

где e —измеряется в расстоянии 1 дюйма от поверхности воды, W — на высоте 1 фута. Формула дает испарение из бака, помещенного в почве. Если взять ветер на высоте 30 фут. (9 м), то она будет сходна с формулой Мейера, а именно она будет иметь вид:

$$Q = 13{,}2\ (E - e)\left(1 + \frac{w}{7{,}5}\right)$$

г) **Формула Биджелоу**

$$Q = 0{,}023 \frac{E}{e} \cdot \frac{de}{dt} (1 + 0{,}07w) \tag{8}$$

* В североамерикайских мерах Q, E и e в дм за 30 сут. W миль/час.; $Q = 15\ (E\text{-}e)\ (1 + 0{,}1\ W)$.

где: Q — испарение в сантиметрах за 4 часа, E, e — упругости паров в миллиметрах максимальная для температуры воды и абсолютная для воздуха при его температуре, w — $\frac{км}{час}$; $\frac{de}{dt}$ — приращение максимальной упругости паров воды при изменении температуры на 1° (из таблицы для максимальной упругости паров, см. § 4).

Формула выведена в результате обширных опытных работ по изучению испарения в водоемах штатов Калифорния и Невада (см. Bigelow, Monthly Weather Revuew, 1907—1910 гг.).

3. Испарение с поверхности суши

Испарение с почвы и растительного покрова трудно поддается непосредственному учету. Между тем, для предварительной оценки стока на основе климатических, гидрографических и геоморфологических элементов очень существенно знать величины потерь на испарение.

а) **Влияние физических свойств почвы** сказывается следующим образом.

1. Породы, находясь во влажном состоянии или близком к насыщению, испаряют сильнее, чем водная поверхность. В этом случае физическое строение почвы не оказывает никакого влияния на количество испаряемой воды.

2. Испарившаяся с поверхностных слоев влага пополняется капиллярным поднятием воды из более глубоких слоев. Это поднятие продолжается до тех пор, пока количество влаги в почве превышает половину ее водопоглотительной способности. При пониженной влажности почвы ниже этого предела капиллярное поднятие прекращается.

3. Величина испарения зависит при прочих равных условиях от размеров испаряющей поверхности и возрастает с увеличением последней.

4. На испаряющую способность оказывают влияние механический состав почвы и ее структура; при однородной структуре тонкость частиц благоприятствует испарению: плотные породы, обладающие большой капиллярностью и сильнее нагревающиеся, испаряют больше, чем рыхлые.

5. Интенсивность испарения зависит от угла склона испаряющей поверхности и положения относительно стран света: больше всего испаряется с южных склонов, возрастание угла падения повышает испарение по южным и восточным склонам и понижает на западном и северном.

б) **Растительный покров** увеличивает испарение:

1) вследствие задержки в кронах деревьев и стеблях осадков, смачивающих большие поверхности, с которых соответственно и идет увеличенное испарение;

2) вследствие транспирации растительности, являющейся результатом жизнедеятельности растений.

Сравнение испарения почвы в поле и в лесу дает для леса меньшие величины по причине затененности почвы в лесу и меньшей подверженности действию ветра.

По данным исследований Fautrat'a и Ebermeyer'a, испарение почвой в лесу достигает лишь $^1/_3$ испарения в поле. Наблюдениями Breitaulohe'a установлены следующие цифры (см. стр. 197, табл. 1).

Таким образом испарение почвы в лесу составляет в среднем около 45% от испарения в поле.

Транспирация растительности, по данным В о л ь н и, и испарение мало зависят от физических свойств почвы, если она покрыта травой, что видно из следующего (см. стр. 197, табл. 2).

Таблица 1

№	Испарилось в одно и то же время: В поле (в мм)	В лесу (в мм)	Процент от испарения в поле	Примечание
1	66,3	26,5	40	
2	59,0	18,3	31	
3	51,1	23,2	45	
4	61,8	30,3	49	
5	61,8	37,7	61	
		Среднее	45	

Таблица 2

Род почвы	Количество дождя (в мм)	Испарение (в мм): трава	голая почва	Процент к полн. осад.: трава	голая почва
Кварцевый песок	572,5	475,5	183,1	82,7	32,0
Суглинок	—	517,2	339,9	90,3	59,2
Торф	—	556,3	302,9	97,1	52,9

Испарение растительного покрова растет вместе с количеством получаемых им осадков, и колебания в годовых количествах осадков значительно изменяют соотношение между испарением с почвы, покрытой растительностью, и с открытой водной поверхности. По данным Л ю д е к е, для Англии имеем (в миллиметрах):

Осадки	500	600	700	800
Испарение почвы с травой	386	437	484	538
Испарение с водной поверхности	534	528	522	516

Как видно из приведенных цифр, при малом количестве осадков растительность испаряет меньше, чем водная поверхность.

4. Связь испарения с атмосферными осадками

Зависимость между осадками и испарением устанавливается О л ь д е к о п о м и К е л л е р о м в следующем виде:

$$Q = ax + b, \qquad (9)$$

где Q — величина испарения в миллиметрах; x — величина осадков в миллиметрах; a и b — постоянные коэфициенты, значение которых приводится ниже в таблице для различных речных бассейнов.

Бассейн	a	b
1. Ока до г. Орла	0,90	—58,0
2. Днепр до Киева	0,95	—95,0
3. Заяза	0,70	—20,0
4. Майн	0,75	—26,0
5. Эльба Богемская	0,58	—104,0

Вычисленные испарения по формуле (9) дают для р. Эльбы ошибку 16 мм, что составляет 3% средней величины, для Днепра 31 мм, или 7%, для Заалы 18 мм, или 4%.

Кроме того, Ольдекоп предложил формулу связи между испарением и осадками в другом виде:

$$Z = Z_0 \, tgh\left(\frac{x}{Z_0}\right), \qquad (10)$$

где Z — испарение данного года; Z_0 — максимальное возможное испарение в данном месте; $tgh\left(\frac{x}{Z_0}\right)$ — гиперболический тангенс функции $\frac{x}{Z_0}$.

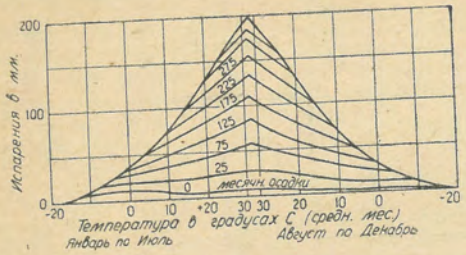


Рис. 5. Испарение с суши по Мейеру.

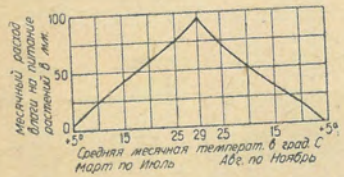


Рис. 6. Расходование влаги растительностью по Мейеру.

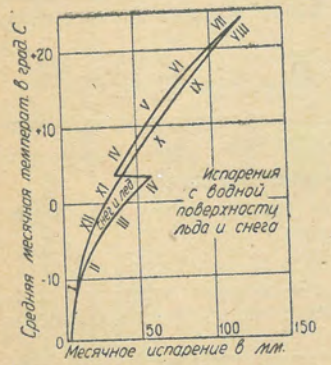


Рис. 7. Испарение с водной поверхности льда и снега по Мейеру.

Свойство *th* таково, что при изменении x от 0 до ∞ tgh изменяется в пределах от 0 до 1. Таким образом крайние пределы испарения будут при x=0; Z=0; и при x=∞; Z=Z_0, что указывает на достаточно правильное построение формулы.

Далее **Мейер** предложил выразить испарение с суши в виде функции от температуры и осадков (рис. 5). При этом изменения при переходе из одного бассейна в другой в геологическом, почвенном и топографическом отношениях рекомендуется учитывать коэфициентами, если их удается определить.

Потери, обусловливаемые испарением растительности, даются им в виде графика (рис. 6), а с поверхности воды, льда и снега испарение может быть определено по графику (рис. 7).

По приведенным кривым можно определить ежемесячную сумму потерь и, вычитая ее из месячных осадков, определить остающуюся в пределах бассейна влагу. Суммируя полученные таким образом остатки влаги за год, начиная с 1 декабря и кончая 30 ноября следующего года, можно грубо считать, что это количество воды стекает с 1 апреля по 31 марта. Сдвиг по времени объясняется тем, что зимние осадки участвуют в питании рек лишь с начала таяния этих осадков.

Ниже приводится таблица, заимствованная у Мейера, дающая представление о точности метода подсчета испарения и стока. Нужно отметить, что Мейеру пришлось вводить при использовании графиков поправочные коэфициенты в пределах до 20-22%, вносящих коррективв примененный им метод для сравнения с данными непосредственных наблюдений.

Название бассейна	Число лет наблюдений	Поправочный коэфициент, принятый для испарения	Площадь бассейна (в км²)	Средние годовые величины (в мм)							Коэфициент стока
				Измеренные величины		Вычисленные величины				Разница между вычисленным и измеренным стоком (в %)	
				осадки	температура	испарение	питание растений	полные потери	остаточные полные потери	Измеренный сток	
Mississipi	17	1,2	50 500	692	5	366	195	561	131	135	0,195
Little Fork	4	1,1	4 450	580	3	276	173	449	131	—2,96	0,224
Minnesota	4	1,25	16 300	570	6	358	193	551	19	17,8	0,031
Root	4	1,225	4 040	760	7	397	225	622	138	6,75	0,17
Ottertail	5	1,1	3 400	573	4,5	336	167	503	70	132	0,115
St. Croix	11	1,05	15 350	762	5	332	178	510	252	4,55	0,32
Ohio	14	0,875	61 700	1 040	10,5	376	147	523	517	66	0,54
Tohickon Creck	24	0,9	264	1 240	10,5	425	178	603	637	6,0	0,115
James	7	0,925	16 100	1 070	12	415	178	593	477	244	0,32
Roanoke	9	0,9	1 010	1 080	14	430	178	608	472	3,27	0,32
Tombig bee	9	1,05	11 500	1 250	17	580	213	793	457	560	0,54
Colorado	10	1,2	95 800	683	19	450	205	655	28	435	0,35
Sacramento	9	0,05	27 000	817	11	216	61	277	540	18,8	0,275
Pit	4	1,10	7 630	343	9	168	76,2	244,2	98,8	520	0,63
Mc. Cloud	6	0,6	1 570	1 570	13	208	61	269	1 301	99,5	0,29
										1 370	0,875
										—5,0	

Ср. ошибка 4,27% (не считая р. Колорадо)

ГЛАВА III

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

Значение этого метеорологического фактора для водного хозяйства особенно велико: вопросы речного стока, запасов водных ресурсов, режима рек, режима влаги в почве и необходимости с.-х. мелиораций, вопросы расчета отверстий сооружений непосредственно связаны с атмосферными осадками.

§ 6. Формы осадков и их измерение

1. В зависимости от условий конденсации влаги образуются **гидрометеоры**, или **водяные осадки** следующих видов:

а) р о с а и и н е й — результат осаждения водяных паров на охлаждающихся поверхностях (благодаря ночному лучеиспусканию) по отношению ко всем атмосферным осадкам составляет вероятно около 1%;

б) и з м о р о з ь, г о л о л е д и ц а — осадки в твердом состоянии, оседающие на значительно охлажденных предметах при действии теплого, влажного ветра или при наличии в воздухе переохлажденных частиц воды; роль изморози и гололедицы в отношении влияния на сток ничтожна;

в) д о ж д ь и с н е г — являются основными видами атмосферных осадков, вводимых в рассмотрение при различных расчетах.

2. **Измерение осадков.** Количество выпадающих осадков измеряется толщиной выпавшего на горизонтальную поверхность слоя воды, причем толщина слоя выражается в миллиметрах. Количество твердых осадков (снег, град и пр.) также измеряется толщиной слоя воды, получающегося после растаивания собранных осадков. Для измерения осадков служат **дождемеры**, или металлические цилиндрические сосуды с площадью дна 500 см², устанавливаемые на столбах так, чтобы высота верхнего края сосуда равнялась 2 м. Осадки, собираемые дождемерами, измеряются с помощью особого стакана, на котором нанесены деления, соответствующие десятым долям миллиметра слоя осадков. Во избежание выдувания осадков при ветре дождемерное ведро окружено металлическим листом, согнутым в виде опрокинутого усеченного конуса, нижний узкий конец которого находится на уровне днища ведра, а верхний раструб совпадает в точности с верхним его краем. Ограждение это (по имени предложившего его автора) носит название защиты Нифера.

Осадки на метеорологических станциях измеряются один раз в сутки. На основе суточных измерений выводится месячная и годовая сумма осадков в миллиметрах. Наконец, на основе многолетних наблюдений выводится среднегодовое количество, или „норма", осадков для данного пункта.

3. **Расчетные периоды осадков**. Для целей гидрологии существенно как получение нормы, так во многих случаях и распределение осадков по сезонам года. Так как наступление сезонов не однообразно из года в год, то в основу для выделения, например, з и м н е г о п е р и о д а используют средние многолетние данные перехода температуры через 0°, осенью в сторону замерзания, весной в сторону потепления и наступления таяния. В е с н а в средних широтах характеризуется многоводием, поэтому в этот сезон вводится средний период от начала таяния до установления межени, л е т н и й п е р и о д характеризуется малым стоком (летняя межень) и, наконец, о с е н ь — повышением стока или осенними паводками до наступления морозов. По указанным признакам более конкретное выделение сезонов возможно лишь для определенного рассматриваемого года. Правильная смена времени и метеорологических условий и стремление связать между собой

выпадающие в бассейне осадки со стоком приводят к мысли об установлении г и д р о л о г и ч е с к о г о г о д а, который не совпадает с календарным.

За начало гидрологического года принимается период, когда подземные запасы воды и количество осадков наименьшие, или наименее отклоняются от нормы, например осень.

В Англии за начало гидрологического года выбирают 1 сентября, в Пруссии 1 ноября, в южной Германии 1 октября, в Америке 1 октября. Для рек РСФСР рекомендуется 1 о к т я б р я. Этот срок должен предшествовать началу выпадения осадков в твердом виде, остающихся длительное время в таком виде. Однако срок этот не может быть одинаковым для всех рек Союза и зависит от условий их питания.

Для бассейнов с устойчивым характером зимы (без оттепелей) с ч е т о с а д к о в рационально начинать с момента выпадения твердых осадков и прекращения поверхностного стока, а счет с т о к а — с весеннего таяния. Для очень крупных бассейнов указанный метод все же не дает гарантии в получении надлежащей зависимости между осадками и стоком, так как в больших бассейнах (например Днепр выше г. Киева), по указанию Е. О п п о к о в а, заметный сток совершается в течение 2—3 лет.

Инж. Соколов при определении коэфициента стока р. Волги у Вязовых считал начало «метеорологического года» с момента прочных заморозков, когда осадки отлагаются в виде снега, а начало гидрологического года считал с момента весеннего подъема и кончал год началом следующего подъема. Так, осадки метеорологического года с 27 ноября 1904 г. по 25 ноября 1905 г. нового стиля соответствуют стоку гидрологического года со 2 апреля 1905 г. по 26 марта 1906 года. На такой прием указывает также американский гидролог Мид. Вопрос этот может быть решен еще методом корреляции осадков и стока.

В области практической работы по подсчету стока чаще пользуются непосредственными данными измерения стока как единственно надежным материалом, вследствие чего не встречается особой остроты в вопросе выбора начала исчисления гидрологического года. Надобность в этом возникает иногда для рек малоизученных, когда пользуются методом аналогий, вводя для сравнения более изученные реки.

§ 7. Количество осадков и их распределение

Величина осадков зависит от географического положения пункта и колеблется по времени.

1. **Среднее многолетнее количество** осадков (норма осадков) колеблется на земле от 8 (Каинапо в Чили) до 11 223 мм (Черрапунджи в Индии). В СССР осадки распределены следующим образом: в европейской части — от 162 (Астрахань) до 650 мм (Смоленск), в Сибири осадков меньше — до 400 мм, особенно в восточной части ее, но на Дальнем Востоке осадки обильны; на Кавказе и в Средней Азии количество осадков в горах достигает 2 000 мм и более, а в степях Средней Азии менее 100 мм.

Годовые средние отклонения от нормы осадков достигают в европейской части СССР 12—18%.

Для иллюстрации распределения сумм среднегодовых осадков по европейской части СССР приводится карта, составленная Небольсиным (рис. 8), а также карта распределения среднегодового количества осадков в бассейне реки Волги (рис. 9).

2. Средние месячные количества осадков исчисляются аналогично годовым и распределены по странам также неравномерно.

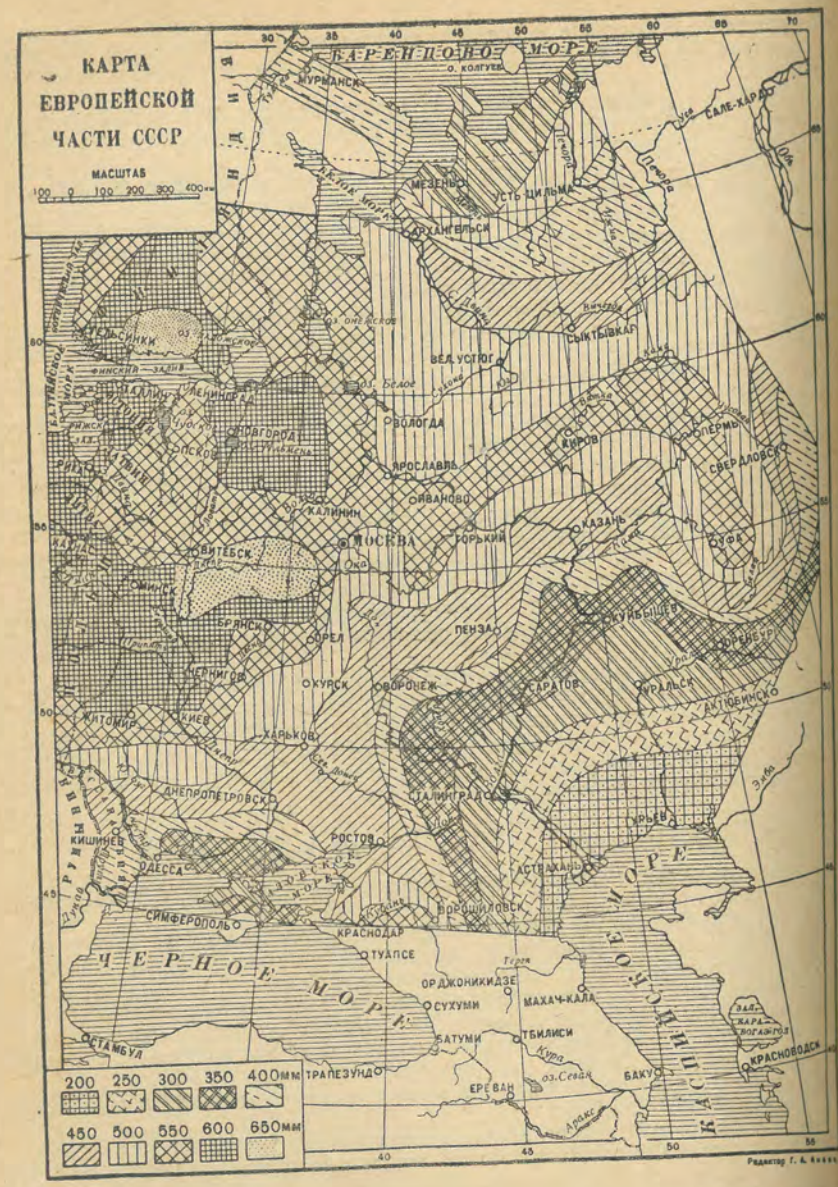
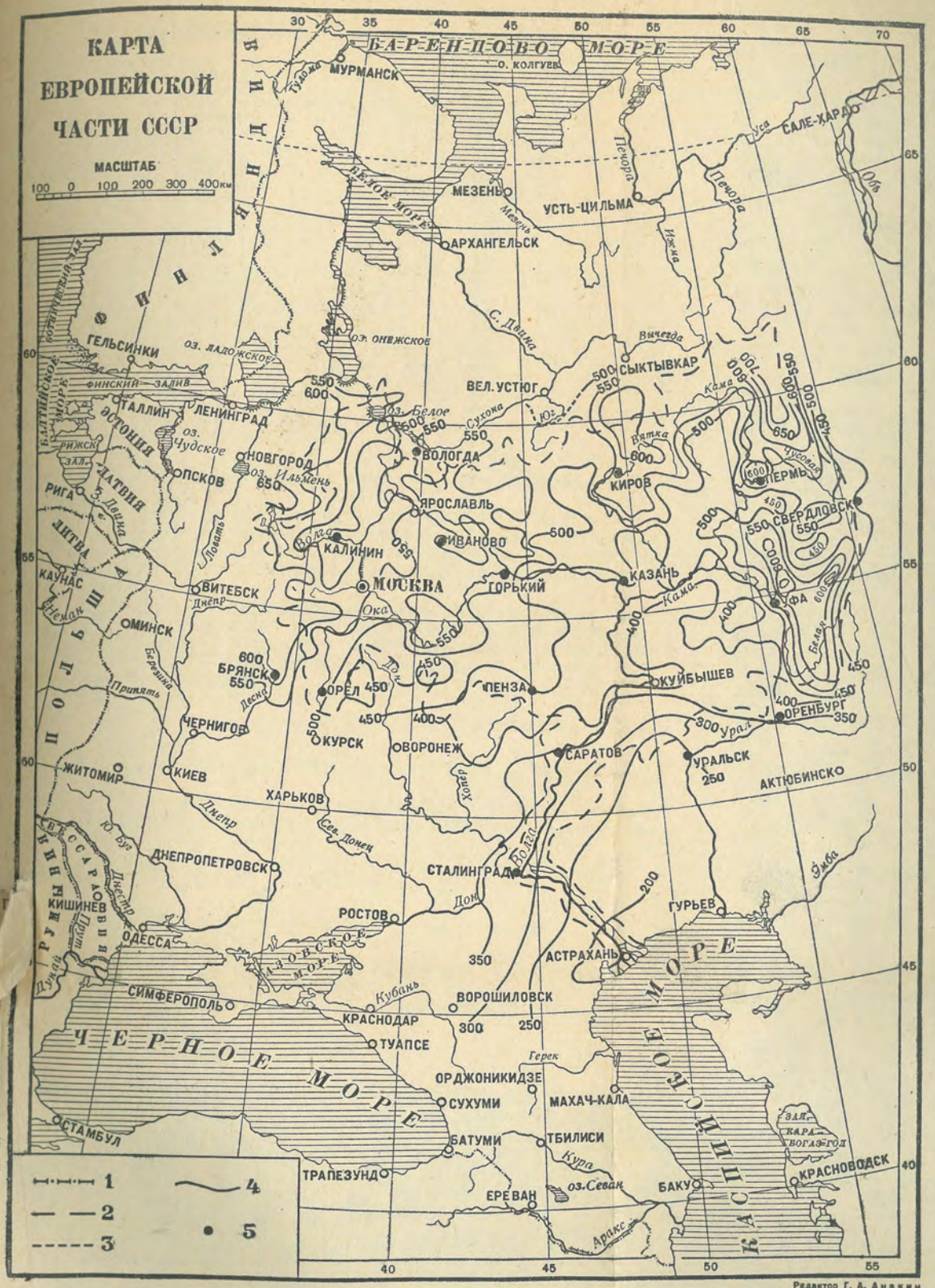


Рис. 8. Карта распределения суммы среднегодовых осадков в европейской части СССР по Небольсину.

КАРТА
ЕВРОПЕЙСКОЙ
ЧАСТИ СССР
МАСШТАБ
100 0 100 200 300 400км



Редактор Г. А. Анакин

Рис. 9. Карта среднегодового количества осадков в бассейне р. Волги за 1891—1930 гг.

Условные обозначения: 1 — государственные границы, *2* — границы бассейна реки Волги, *3, 4* — изолинии, *5* — метеорологические станции.

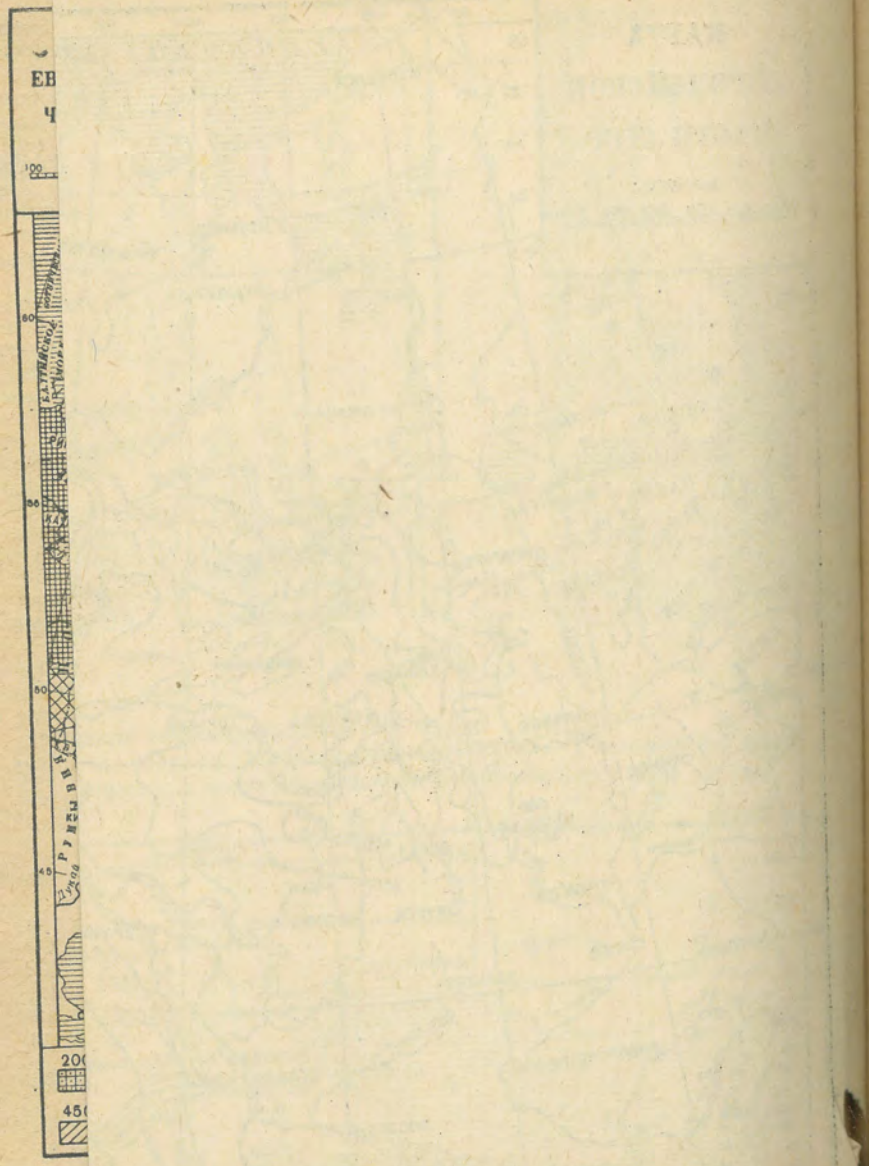


Рис. ... ской части СССР по Небольсину.

Таблица среднегодового количества осадков в СССР

(в мм)

1.	Батуми	2 402
2.	Кутаиси	1 790
3.	Аян (у Охотского моря)	880
4.	Смоленск	650
5.	Пермь	596
6.	Киев	584
7.	Москва	544
8.	Ленинград	522
9.	Кострома	522
10.	Вологда	509
11.	Тамбов	479
12.	Архангельск	466
13.	Иркутск	440
14.	Казань	431
15.	Свердловск	429
16.	Енисейск	390
17.	Ташкент	348
18.	Оренбург	342
19.	Куйбышев	331
20.	Самарканд	316
21.	Минусинск	310
22.	Уральск	299
23.	Баку	240
24.	Семипалатинск	210
25.	Астрахань	162
26.	Иргиз	100
27.	Нукус	78

Отклонения осадков за отдельные месяцы от месячной «нормы» достигают 40—100%.

3. **Распределение осадков** в году также неравномерно. В СССР преобладают летние осадки (для Волги выше Ярославля — 41%), зимние составляют 20 (Волга выше Ярославля) — 35% годового количества и имеют большое значение для речного стока, образуя паводки на реках при таянии снегов весной.

4. **Суточные осадки и их максимумы. Ливни.** Особо важное значение для расчетов водохозяйственных имеют иногда суточные максимумы осадков.

Интенсивность дождя, т. е. количество осадков в единицу времени, обратно пропорциональна длительности его. Так, по данным Главной геофизической обсерватории:

При продолжительности в минутах	1—5	6—15	16—30	31—45	46—60	61—120	121—180	181—240
Наибольшая интенсивность ливня в мм/мин.	6	4	2,5	2	1,5	1,0	0,9	0,5

Площадь выпадения ливня связана с его интенсивностью также обратной зависимостью, что выражается следующей таблицей (по инж. Долгову):

Средняя интенсивность ливня в мм/мин.	22—2	2—1	1—0,9	0,9—0,8	0,8—0,5
Площадь распространения в км²	4—8	8—25	25—50	50—65	65—350

5. **Предельная сила дождя** представляет интерес для расчета гидротехнических сооружений, поскольку непосредственные данные за многолетний период имеются у нас лишь для немногих пунктов наблюдения.

Чтобы в данной местности иметь критерий для суждения о предельной силе дождя, как основании для расчета гидротехнических сооружений, П. Ф. Горбачев* установил на основании анализа зарегистрированных ливней некоторые положения, позволяющие ливни сравнивать между собой и предопределять вероятную силу ливней определенной повторяемости.

Называя интенсивностью ливня i частное от деления $i=h:t$ — осадков в миллиметрах на продолжительность ливня в минутах, Горбачев вводит понятие о метеорологической **силе дождя** Δ, выражающейся одним из равенств:

$$\Delta = i\sqrt{t} = \frac{h}{\sqrt{t}} = hi. \qquad (11)$$

Это понятие позволяет установить определенную классификацию, или шкалу ливней. На основании вычислений до 400 дождей в СССР, Европе и Северной Америке П. Ф. Горбачев устанавливает следующую шкалу для них:

№	Характер дождей	Δ Сила дождя
1	Мелкие дожди	до 1
2	Обыкновенные дожди	от 1,1 до 3
3	Умеренные проливные дожди	» 3,1 » 5
4	Большие проливные дожди	» 5,1 » 7
5	Значительные ливни	» 7,1 » 9
6	Сильные ливни	» 9,1 » 16
7	Горные ливни	» 12 » 16
8, 9, 10	Техасские и тропические ливни	» 16 » 35

Применительно к установленному понятию, ливень, принятый в основу формулы Кестлина (см. ниже 12) (h=9,6 мм, t=10 мин.), определяется величиной:

$$\Delta = \frac{9,6}{\sqrt{10}} = 3,$$

т. е. по классификации подходит к дождям 3-й категории.

Далее П. Ф. Горбачев называет климатической постоянной для данной местности величину μ, определяющую зависимость между силой ливней Δ и повторяемостью их раз в p лет, где p — число лет, в которое можно ожидать однократное превышение интенсивности i.

Зависимость эта имеет вид:

$$\Delta = \mu\sqrt[3]{p}. \qquad (12)$$

Из этой формулы видно, что при $p=1$ величина $\mu=\Delta$, т. е. климатическая постоянная представляет силу ливня, превышаемого в данной местности не более одного раза в год.

* Горбачев П. Ф. О предельных силах ливней. „Труды 1 Всероссийского гидрологического съезда". Ленинград, 1925.

XII — 1977 г. ГОСТ 6198—76

Имея предельные силы ливней за некоторое количество лет, можно вычислить климатическую постоянную и определить таким образом наибольшую вероятную силу ливня для любого периода.

Пользуясь, например, материалами о ливнях, собранными Э. Ю. Бергом* за 10 лет по юго-западу европейской части СССР, имеем для ливня у Димитриевки (июнь 1909 г.) h=74,3 мм за $t=60$ мин., откуда:

$$\Delta = \frac{74,3}{\sqrt{60}} = 9,6$$

и климатическая постоянная

$$\mu = \Delta:\sqrt[3]{p} = 9,6:\sqrt[3]{10} = 4,45.$$

На основании этого сила ливня повторяемостью один раз в 40 лет будет:

$$\Delta = 4,45\sqrt[3]{40} = 15,5 \text{ мм}.$$

Количество осадков за время 60 мин. составит:

$$h = \Delta\sqrt{t} = 15,5\sqrt{60} = 120 \text{ мм},$$

и ожидаемая интенсивность раз в 40 лет будет:

$$i = \frac{120}{60} = 2 \text{ мм в минуту}.$$

При отсутствии сведений о ливнях П. Ф. Горбачев указывает на возможность приближенного определения климатической постоянной μ на основании слоя годовых осадков в данной местности H миллиметров по формуле:

$$H = 100\sqrt{\mu^3},$$

откуда

$$\mu = 0,046\sqrt[3]{H^2}. \qquad (13)$$

Для определения наибольших возможных ливней служит уравнение:

$$\Delta = \mu^3\sqrt{p} + 0,1,$$

причем, так как по наблюдениям Горбачева повторяемость самых сильных наводнений в Европе примерно равна 70-летнему периоду, то абсолютный предел силы чрезвычайных ливней для отдельных местностей выражается зависимостью:

$$\Delta = \mu\sqrt[3]{70} + 0,1,$$

или, исходя из годового слоя осадков, приближенно:

$$\Delta = 0,046\sqrt[3]{H^2}\ \sqrt[3]{70} + 0,1 =$$

$$= 0,19\sqrt[3]{H^2} + 0,1. \qquad (14)$$

По исследованиям упомянутого автора над 1 000 ливнями в Европе и 3 000 ливнями в Северной Америке ни в одном случае сила дождя не достигла выше указанного предела, но, приближаясь к нему в 20 случаях, превы-

* Э. Ю. Берг. Данные о наиболее выдающихся ливневых дождях разной продолжительности за 10-летие 1903—1912 гг. на территории б. Европейской России. 1924 г.

шала в то же время предел, определяемый периодом Брюкнера (в 35 лет). В применении указанных выше сведений к расчету отверстий необходимо учесть возможность при некоторых благоприятных топографических условиях магазинировать паводки в пойменных долинах рек или оврагах, допуская наполнение естественных углублений местности паводочным притоком и затем постепенно опорожняя накоп воды через искусственное сооружение. Этим способом удается нередко сэкономить на величине водопропускных отверстий *.

6. **Таблицы и карты осадков.** Данные по осадкам сводятся обычно в таблицы осадков.

Наличие многолетних данных об осадках позволяет, с одной стороны, установить повторяемость и обеспеченность средних (годовых, сезонных или месячных) сумм осадков (см. том I «Справочника»), а с другой стороны, величины за соответствующие периоды могут быть нанесены на карту, а по ним построены изолинии или кривые равных осадков, так называемые изогиеты. Вышеуказанные приемы обработки позволяют ориентироваться в районах, мало изученных в гидрометеорологическом отношении.

Изогиеты строятся для средних годовых, средних сезонных, месячных осадков. Возможность изображения распределения осадков по земле таким способом базируется на принципе плавного и постепенного изменения метеорологических факторов в связи с географическими координатами при постепенном и спокойном изменении рельефа.

В местностях горных распределение осадков чрезвычайно пестро (величина осадков сильно возрастает с высотой), и кривые — изогиеты — могут строиться лишь при наличии чрезвычайно густой сети метеорологических станций и постов.

§ 8. Определение расчетного количества осадков в бассейне реки

При использовании метеорологических данных для целей гидрологии необходимо установить характерные величины метеорологических факторов для отдельных участков бассейна. Для этого прежде всего используются данные всех существующих метеорологических станций, а в случае недостаточного их количества открываются дополнительные станции. В наибольшей степени нуждаются в дополнительном климатическом освещении по высотным зонам высокогорные районы и окраины СССР, так как они менее всего обеспечены длительными наблюдениями.

1. Приведение наблюдений к многолетнему ряду

При обработке данных метеорологических станций стремятся материалы привести к многолетнему ряду. Для этого наблюдения станции с коротким периодом действия сравнивают с несколькими соседними с большей продолжительностью работы и по одновременным наблюдениям устанавливают коэфициенты перехода, которые распространяют затем на годы отсутствующих наблюдений. Очевидно, чем больше периоды одновременных наблюдений, тем точнее результаты экстраполяции для станций с меньшим числом наблюдений.

* Д. И. Кочерин. Определение отверстий искусственных сооружений с учетом хода паводочного притока и наполнения пруда. Труды Московского института инженеров транспорта, вып. VI. Москва, 1927 г.

Если осадки (или тоже температуры) нескольких соседних станций за известный промежуток времени будут h_1, h_2, h_3, и коэфициенты перехода соответственно K_1, K_2 и K_3..., то подбором коэфициентов должно быть по возможности достигнуто равенство

$$h = h_1K_1 = h_2K_2 = h_3K_3,$$

где h — наблюдение станции с коротким периодом действия.

2. Интерполяция данных

Если имеется карта в изогиетах (или изотермах), то осадки (или температура) в данном месте находятся интерполированием по кратчайшему расстоянию от данного пункта до ближайших кривых (изогиет, изотерм). Наконец, при наличии нанесенных на карту метеорологических станций и необходимости определить осадки (или температуру) по соседним станциям подыскивают три возможно близких пункта к заданной точке наблюдений с тем, чтобы она помещалась внутри треугольника, образованного станциями (при этом наблюдают, чтобы треугольник не имел особо острых или тупых углов). Соединяют сначала две вершины треугольника, а через третью вершину и данную точку проводят прямую до встречи ее с первой прямой. Затем интерполируют температуру для точки пересечения прямых, а вслед за этим для данной точки на основании результата точки пересечения и данных у третьей вершины.

3. Вычисление осадков в бассейне реки

Вычисление осадков целого бассейна производится следующим образом. Если на карту нанести изогиеты, а также границы интересующих нас частных бассейнов, то последовательно обводят планиметром площадки между соседними изотахами и линиями выделенного участка бассейна. Полученные площади умножают на среднюю величину осадков, даваемую изогиетами, ограничивающими площадки. Полученные произведения суммируют и делят на всю площадь взятой части бассейна, получают среднюю величину осадков данного частного бассейна.

Второй способ, предложенный Шрейбером, заключается в том, что площадь бассейна разбивается на ряд одинаковых квадратов, примерно по 10 кв. км. В каждом из них осадки берутся или по существующей в пределах квадрата станции или осадки в центре квадрата находятся интерполированием, как указано выше. Ввиду равенства квадратов общая сумма осадков находится как среднее арифметическое из величин осадков отдельных квадратов.

4. Специальный учет зимних осадков

Зимние атмосферные осадки, выпадающие в виде снега, являются особенно важными при учете стока и, в первую очередь, стока весеннего половодья. Учет этих осадков обычным дождемером недостаточен, так как благодаря ветру часть снега может выдуваться из дождемера, или, наоборот, в дождемерное ведро может попадать снег, сдуваемый с поверхности земли.

Для правильного учета запасов влаги, скопляющихся за зиму, а также выяснения тех поправок, которые должны быть внесены в показания дождемера, устраивают снегомерные рейки и, кроме того, применяют снегомерную съемку.

а) **Снегомерные рейки** устанавливаются в местах расположения дождемерных постов и метеорологических станций, а кроме того вообще

в характерных местах бассейна. По рейке, разделенной на сантиметры, учитывается нарастание и убывание снегового покрова. При этом следует иметь в виду, что ветер образует у реек «воронку выдувания», так что надо читать по рейке всегда с одного и того же места и стараться, чтобы глаз наблюдателя был на линии снегового покрова, иначе отсчеты будут разниться между собой даже при одной и той же толщине снега.

б) **Снегомерная съемка.** При снегомерных съемках учитывается как высота снежного покрова, так и плотность его в разных точках местности. Высота определяется помощью переносных снегомерных реек (рис. 10), обычно деревянных со скошенным наконечником.

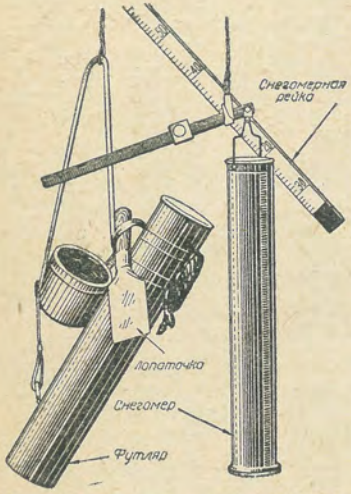


Рис. 10. Снегомер и переносная снегомерная рейка.

Плотность снега определяется **снегомером.**

Последний представляет собой железный цилиндр без дна с заостренным нижним ребром (рис. 10) и со шкалой, нанесенной с наружной его стороны. Цилиндр этот опускается вертикально в снег до земли, причем по шкале делается отсчет толщины снега. Затем с одной стороны цилиндра снег отгребается, и в горизонтальный прорез у самого низа цилиндра вставляется задвижка, отделяющая снег, попавший в цилиндр, от остального. Взятая проба может быть переложена в мерное ведро и затем после растаивания снега вымерена помощью мензурки. Но так как в поле этого делать не приходится, то там прибегают к более простому способу, п о х о д н о м у: снегомер взвешивается вместе со снегом на римских весах, плечи коромысла которых подобраны так, что пустой цилиндр уравновешивается грузом, стоящим на нулевом делении шкалы весов.

Зная толщину снегового покрова h см, можно получить объем снега $v = 100\,h$, так как площадь сечения цилиндра делается равной 100 см². Измерив же на весах вес снега q гр, можно получить плотность снега (удельный вес)

$$\delta = \frac{q}{v}.$$

При толщине снега h и плотности δ высота слоя воды, которая получилась бы при таянии снега, будет равна

$$h' = \delta h. \qquad (15)$$

Конечной задачей снегомерной съемки и является получение объема воды, лежащей в виде снега на водосборе перед началом весеннего таяния и долженствующей в главной своей массе стечь по руслу водосбора.

Снегомерная съемка ведется двумя методами: или по з а р а н е е н а м е ч е н н ы м т о ч к а м или по м а р ш р у т н ы м. В первом случае съемке

предшествует летом или осенью подробная топографическая съемка водосбора, во время которой намечаются и закрепляются профили и точки в характерных по образованию снегового покрова местах: на равнинах, склонах южных, северных и др., на дне балок, у опушек леса, в лесу, в застроенной местности и т. д. Во всех точках или в некоторых из них устанавливают постоянные снегомерные рейки и затем раз в месяц фиксируют толщину снега и плотность его. В тех точках, где не были установлены рейки, измерения ведут переносными рейками. Последнее за зиму измерение производится по возможности за несколько дней до начала дружного таяния снега.

Этот способ дорог и не всегда возможен. Более часто применяется м а р ш р у т н ы й с п о с о б. При нем в поле ведется простейшим угломером (пантометр, астролябия, буссоль) магистраль, стороны которой измеряются шагами или шагомером, а от магистрали разбиваются профили по ломаным линиям, измеряемые так же, как и магистраль. Магистраль и профили ведутся с таким расчетом, чтобы захватить наиболее характерные места водосбора.

Толщина снега измеряется на каждом пикете, а плотность его реже, в характерных местах. Вся съемка так организуется, чтобы провести ее в 2—3 дня, максимум в 5—6, перед началом таяния снега.

О б р а б о т к а с н е г о м е р н о й с ъ е м к и заключается в подсчете плотности снега, наложении точек на план и надписывании толщины слоя воды h', лежащей в виде снега в разных точках. Общий объем воды на водосборе подсчитывается путем проведения линий равных высот слоя воды, аналогичных горизонталям, и подсчета площадей, образуемых ими, а затем и объемов, но это удобно при наличии большого числа определенных в поле точек.

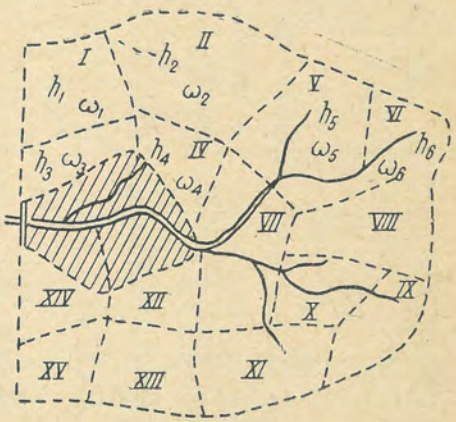


Рис. 11. Снегомерная съемка.

Обычно же число точек ограничено. Тогда выделяются на плане (рис. 11) площади ω, характерные в том или ином отношении и с однообразной толщиной слоя воды h (или снега h), и общий объем воды определяется как сумма

$$h'\omega_1 + h'_2\omega_2 + h'_3\omega_3 \ldots + h'_n\omega_n = \Sigma h'\omega.$$

Так как по всему водосбору имеются и постоянные дождемерные посты и снегомерные рейки, то можно учесть разницу в объемах и средней толщине слоя осадков, определенных по дождемерам и по снегомерной съемке, и таким образом ввести коррективы в обычные измерения осадков. Кроме того, это даст возможность определить запасы воды и за те годы, когда не производились съемки, а имелись лишь дождемерные наблюдения.

Образец журнала снегомерной съемки

Левая страница (полевая)	Правая страница (камеральная)
Поперечник № 17 Начало поперечника Реп. № 7 Начало работы 9 ч. 30 м. Конец 15 ч. 30 м. 7/III 1932	Река Истра, Моск. обл. Погода солнечная, t=—7°С Прибор—походный снегомер № 18—1 Техник П. Санин

№ румба точ.	Длины линий	Толщина снега по рейке	Толщина снега по цилиндру	Вес снега в гр.	Плотность по цилиндру	Запас воды (в мм) по рейке	Запас воды (в мм) по цилиндру	Примечание
19 N0 19°	—	20	19	340	0,18	36	34	Поле
				—	0,20	48	—	Ложбина
20 N0 62°	150	24	—					
21 N0 80°	220	28	27	620	0,23	64	62	Ложбина

ГЛАВА IV

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

§ 9. Сеть метеорологических станций

1. Метеорологические станции

По объему и характеру наблюдений метеорологические станции делятся на разряды.

Станции I разряда ведут наиболее полный цикл наблюдений, причем помимо собственно метеорологических еще и другие геофизические наблюдения (например магнитные, сейсмические и пр.). Число этих станций (так называемые опорные) в СССР невелико — 9.

Станции II разряда — наиболее распространенный тип станций. Они ведут наблюдения над температурой, давлением и влажностью воздуха, ветром, атмосферными осадками, облачностью, солнечным сиянием и другие неинструментальные наблюдения. Наблюдения производятся 4 раза в день: в 1, 7, 13 и 19 час. по солнечному времени. На некоторых из станций ведутся дополнительные наблюдения над испарением, над температурой почвы и др.

Станции III разряда ведут лишь наблюдения над атмосферными осадками (по дождемеру) 1 раз в день в 7 час. утра, иногда станции эти назы-

Сводная таблица метсети на 1/VI 1936 года

Название УГМС	Обсерват.	Высокогорные	I раз.	II раз.	Всего	Классификация: основ.	с.-х.	авиационная	ж.-д.	курортная	субтропическая	прочие	м/с III р.
Сухопутная сеть													
Мурманский окр.	—	—	—	6	6	6	—	—	—	—	—	—	—
Карельская АССР	—	—	—	25	25	25	—	—	—	—	—	—	20
Северный край	—	—	—	59	59	54	3	2	—	—	—	—	42
Ленинградская обл.	—	—	—	41	41	35	1	2	3	—	—	—	60
Калининская обл.	—	—	—	30	30	24	3	3	—	—	—	—	31
Ярославская обл.	—	—	1	21	22	12	8	—	1	—	—	—	25
Ивановская обл.	—	—	—	20	20	9	9	2	—	—	—	—	20
Горьковский край	—	—	—	35	35	31	4	—	—	—	—	—	50
Кировский край	—	—	—	34	34	14	17	2	1	—	—	—	45
Свердловская обл.	1	—	—	64	65	30	24	7	3	—	—	—	60
Белорусская ССР	1	—	—	45	46	37	5	2	—	—	—	1	50
Западная обл.	—	—	—	32	32	27	3	2	—	—	—	—	20
Московская обл.	1	—	—	43	44	30	10	3	—	—	—	—	3
Куйбышевский край	—	—	—	47	47	31	8	2	5	—	—	1	60
Татарская АССР	—	—	—	24	24	17	2	5	—	—	—	—	40
Башкирская АССР	—	—	—	27	27	15	12	—	—	—	—	—	40
Челябинская обл.	—	—	—	52	52	19	27	—	5	—	—	1	70
Курская обл.	1	—	—	34	35	17	17	—	—	—	—	—	65
Воронежская обл.	—	—	1	33	34	27	5	—	1	—	—	—	65
Саратовский край	—	—	—	28	28	19	6	—	2	—	—	1	60
Оренбургская обл.	—	—	1	27	28	22	2	2	1	—	—	—	30
Азово-Черноморский кр.	—	—	1	59	60	42	7	1	5	4	6	—	40
Сталинградский край	—	—	—	35	35	34	—	1	—	—	—	—	40
Крымская АССР	—	—	—	21	21	14	6	—	1	—	—	—	37
Северо-Кавказский кр.	—	3	—	61	64	31	15	3	1	6	—	5	36
Дагестанская АССР	—	1	—	21	22	10	10	1	—	—	1	—	35
Черниговская обл.	—	—	—	17	17	13	1	2	—	—	—	1	50
Киевская обл.	1	—	—	30	31	21	2	2	—	—	—	5	60
Харьковская обл.	—	—	—	32	32	23	1	5	1	—	—	2	70
Винницкая обл.	—	—	—	18	18	13	—	—	5	—	—	—	60
Одесская обл.	1	—	—	24	25	17	3	2	1	—	—	1	60
Днепропетровская обл.	—	—	—	25	25	19	1	3	1	—	—	1	70
Донецкая обл.	—	—	—	24	24	15	—	2	4	—	—	3	60
Абхазская АССР	—	—	—	11	11	9	1	1	—	—	9	—	10
Грузинская ССР	1	1	—	88	90	58	17	4	4	5	27	—	45
Армянская ССР	—	1	—	58	59	27	18	4	5	3	—	1	48
Азербайджанская ССР	—	—	—	64	64	43	18	—	3	—	9	—	50
Омская обл.	—	—	1	33	34	24	8	—	1	—	—	—	35
Западно-Сибирский кр.	—	—	1	82	83	67	3	9	3	—	—	—	65
Красноярский край	—	—	—	59	59	41	8	7	3	—	—	—	30
Восточно-Сибирский кр.	1	—	—	80	81	61	4	7	4	—	—	4	13
Бурято-Монгольская АССР	—	—	—	40	40	33	3	2	—	—	—	2	10
Западно-Казахская обл.	—	—	—	10	10	6	4	—	—	—	—	—	13
Актюбинская обл.	—	—	—	26	26	15	9	—	2	—	—	—	14
Карагандинская обл.	—	—	—	19	19	10	5	2	1	1	—	—	10
Восточно-Казахская обл.	—	—	—	23	23	14	3	1	3	—	—	2	17
Южно-Казахская обл.	—	1	—	34	35	16	6	7	4	1	—	—	24
Алма-Атинская обл.	—	—	1	40	41	30	4	3	1	—	—	2	32
Киргизская АССР	—	7	1	34	42	10	20	—	—	3	—	1	60
Кара-Калпакская АССР	—	—	—	5	5	5	—	—	—	—	—	—	3
Туркменская ССР	1	1	—	42	44	36	4	1	1	—	3	—	24
Узбекская ССР	1	—	—	61	62	31	27	2	1	—	2	—	70
Таджикская ССР	—	6	1	29	36	21	7	—	1	—	2	—	30
Итого по сухопутным метстанциям	10	21	9	1 932	1 972	1 310	381	106	78	23	59	34	2 077

ваются дождемерными постами. Кроме того, делаются записи о состоянии облачности, о грозах и других явлениях.

Наблюдения на станциях заносятся в особые книжки стандартной формы, рассылаемые учреждением, которому станции подведомственны. Ежемесячно книжки и особые таблицы с вычисленными данными наблюдений отсылаются станциями в центральную метеорологическую организацию, копия месячной ведомости остается на станции. Некоторые станции кроме того передают сведения по декадам, пятидневкам или ежедневно по телеграфу или радио.

В прилагаемой ведомости даются сведения о существующей сети станций, подчиненных УГМС (Управлению гидро-метеорологической службы) и другим ведомствам, за исключением морских станций.

2. Типовое оборудование метеорологических станций

Метеорологические станции снабжаются УГМС или Главной геофизической обсерваторией стандартным оборудованием, проверенным и аттестованным ГГО.

В состав оборудования метстанций II разряда входят следующие приборы:

1) термометры сухой и смоченный (психрометр) в термометрической будке,
2) термометры максимальный и минимальный,
3) гигрометр волосной,
4) флюгер Вильда,
5) дождемер с защитой Нифера и мерным стаканом,
6) барометр ртутный,
7) барометр анероид.

Кроме того на некоторых станциях применяются приборы:

1) почвенные термометры,
2) анемометры (для измерения скорости ветра),
3) геолиограф (Кемпбеля или Величко),
4) барограф для записи хода давления воздуха,
5) термограф для записи хода температуры,
6) плювиограф для записи хода атмосферных осадков,
7) испаритель Вильда (или Лермантова-Любославского на ближайшем водоеме) и другие приборы.

Для метстанции выбирается открытое место, на котором устанавливаются:

1) термометрическая будка так, чтобы шарики термометров были на 2 м выше поверхности земли;
2) столб для флюгера высотой, большей высоты, окружающих зданий и деревьев;
3) столб с дождемером так, чтобы верхний край дождемерного ведра находился на 2 м выше поверхности земли.

Барометры помещаются обычно в квартире наблюдателя станции.

Наблюдения на станции производятся во всем согласно «Руководству метеорологическим станциям», изд. ЦУЕГМС — 1935 г.

3. Временные и специальные наблюдательные станции

При водохозяйственных исследованиях приходится иногда дополнять существующую сеть станций (иногда фактически ее вновь организовывать). Сеть станций обычно по окончании изысканий переходит в ведение постоянных органов УГМС, но часть приходится закрывать. Временные станции должны однако проработать минимум несколько лет (и уж во всяком случае не менее 1 года) для того, чтобы привязать наблюдения их к данным станций постоянных или вообще с длительным сроком наблюдений.

Временные станции при изысканиях получают часто специальные задачи, например, изучение испарения, изучение изменений ветра с высотой точки наблюдений, изучение снегового покрова, образования его, таяния и т. п. Такие специальные станции руководствуются помимо официальных инструкций еще специальными программами и инструкциями данного учреждения.

4. Принципы размещения метеорологической сети

Климатические факторы изменяются в зависимости от географического положения места и специфических условий рельефа его и ландшафта вообще.

При однообразном рельефе и ландшафте метеорологические элементы изменяются медленно и постепенно в зависимости от географических координат места; резкие изменения рельефа и ландшафта вызывают изменения температуры, количества осадков и др. для пунктов, находящихся даже в нескольких километрах один от другого.

Поэтому при размещении метеорологической сети пункты наблюдений необходимо намечать в соответствии с изменениями рельефа в первую очередь, затем в зависимости от ландшафта (леса, поля и пр.) и наконец связывая с пунктами наблюдений над речным стоком в бассейне так, чтобы отдельные частные бассейны притоков, водоразделы их, дно долин были освещены достаточно. Число станций должно быть больше в гористых районах (например в Италии, Баварии 1 дождемерный пост приходится на 30—60 км², а при специальных исследованиях стока еще на меньшую площадь) и меньше в равнинных.

Литература к главам I—IV

Берг Э. Ю. Данные о наиболее выдающихся ливневых дождях разной продолжительности за 1903—1912 гг. на территории б. Европейской России, 1924.

Bigelow F. H. Records of Evaporation «Eng. N Record», 1910, Monthly Weather Rewiew, II, VII, 1900.

Воейков А. И. Метеорология, 1903.

Горбачев П. Ф. О предельных силах ливней. Труды I Всеросс. гидрологич. съезда. Ленинград, 1925.

Гришин М. М. Гидротехнические изыскания. 1927.

Инструкции ГГО по наблюдениям над снеговым покровом, испарением и др.

Киселев К. К. Гидрометрические и метеорологические исследования. Программы и инструкции поволжских изыскательских партий. Отд. III-IV. Саратов, 1914.

Клоссовский А. В. Метеорология, 1914.

Марцелли М. И. Основные понятия по метеорологии. М, 1926.

Небольсин С. И. Средние количества атмосферных осадков в Европейской России по наблюдениям 1888—1912 гг. Петроград, 1916.

Оболенский В. Н. Метеорология, 1927.

Ольдекоп Э. Инструкции для производства наблюдений над испарением воды. Ташкент. 1915.

Охлябинин С. Д. Метеорологические приборы. 1915.

Рахманов Г. К. Основы метеорологии. 1925.

Руководство метеорологическим станциям. Изд. ЦУЕГМС, 1935 г.

Б. Элементы гидрологии

ГЛАВА V

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ПИТАНИЕ РЕК

§ 10. Баланс воды на земле

Общая площадь всех вод на земле по Вагнеру достигает величины 365 500 000 км², т. е. 71,7% всей земной поверхности. Общее количество воды, выносимой реками в моря, по Фриче 30 640 км³, годовое же испарение с поверхности морей и океанов составляет 384 000 км³ при осадках на той же поверхности 353 360 км³.

а) Сопоставление этих цифр дает **баланс морей и океанов,** однако явление это сложнее; между сушей и морями существует еще и другой обмен: часть испарившейся с морей воды переносится ветрами на сушу, и, наоборот, часть воды, испаряемой сушей, переносится и выпадает в виде осадков на моря и океаны.

б) **Баланс отдельного речного бассейна** состоит в том, что приходную часть его составляют атмосферные осадки на его площади и некоторое количество подземных вод, поступающих иногда из смежных бассейнов; расходную же часть составляют испарение с поверхности бассейна (воды и суши), подземный сток в соседние бассейны и сток в моря, поверхностный или подземный.

В общем виде баланс речного бассейна может быть выражен уравнением:

$$x = y + z + u, \tag{1}$$

где: x — прибыль воды в бассейн от выпадающих осадков;
y — сток реки;
z — испарение с поверхности бассейна;
u — накопление или расходование грунтовых (подземных) вод.

За многолетний период член u, имеющий то отрицательное, то положительное значение, в зависимости от водности года (многоводный, засушливый), приближается к нулю, и уравнение баланса принимает вид:

$$x = y + z \tag{2}$$

или: осадки = сток + испарение.

§ 11. Питание рек

1. Бассейн реки

Территория, с которой река питается, отводя от нее воду, как поверхностную, так и подземную, называется ее бассейном.

Поверхностный бассейн реки определяется объемлющей пограничной линией, проведенной на географической карте по точкам, проходящим через истоки самых отдаленных ее притоков. Линия эта носит название водораздельной, так как, проходя по самым повышенным точкам местности, ограничивает скаты, направленные в сторону данной реки, от скатов, направленных в сторону соседней реки. Различают бассейны частные и общие. Первые из них ограничивают площади отдельных притоков, общие же слагаются из суммы частных бассейнов и составляют таким образом бассейн главной реки. Площади бассейнов выражают в кв. километрах.

Определение границ подземных бассейнов представляет большие трудности вследствие незнания подземного рельефа водоупорных пород, по которым просочившаяся в почву вода направляется в русло данной реки. Следует полагать, что границы подземного бассейна до некоторой степени не совпадают с границами поверхностного бассейна, но для рек с крупными бассейнами, измеряемыми десятками тысяч кв. километров, расхождение между названными бассейнами не может быть велико, для небольших же рек оно может быть заметным. По недостатку данных величину речного стока относят к площади поверхностного бассейна, хотя в отдельных случаях подземный сток может быть и велик. Например, по Гравелиусу, для реки Неккар (площадь бассейна 1 095 км²) грунтовое питание составляет 64% всего количества протекающей воды, для Днепра, по Оппокову, —33% и для Оки, по Гейнцу, —14%.

2. Питание рек и их климатическая классификация

Питание рек зависит от ряда отдельных факторов и их сочетания между собой. Основные факторы: 1) климатические и метеорологические, 2) топографические, 3) геологические, 4) растительные и 5) искусственные.

а) **Связь питания рек с климатическими условиями.** По А. И. Воейкову, «при прочих равных условиях страна будет тем богаче текучими водами, чем обильнее осадки и чем менее испарение как с поверхности почв и вод, так и с растений. Таким образом реки можно рассматривать как продукт климата». На основании этого Воейков установил несколько главных типов рек в зависимости от климатических условий.

I. Реки, получающие питание от дождей (дождевое питание). Эти реки в свою очередь разделяются на подгруппы, в зависимости от периода наибольших расходов, а именно:

1) реки тропических стран, на которых половодье совпадает с периодом ливней; сюда относятся Конго, Ориноко, Амазонка, Нил и др.; к нетропическим рекам этой группы относятся Амур, Селенга, в бассейне которых выпадает мало снега, вследствие чего половодье наступает летом от дождей;

2) реки, имеющие дождевые паводки в зимнее время; этот тип рек встречается в южной Европе (Рона, По), в Средней Азии, Иране, Малой Азии, на северном берегу Африки, в Калифорнии, Чили, Южной и западной частях Австралии;

3) реки, не имеющие сезонных паводков, как-то: реки западной и средней Европы — Везер, Маас, Шельда, Сена, Темза и др.

II. Реки, имеющие половодье вследствие таяния снега или льда (снеговое питание):

1) реки, имеющие паводки от таяния снегов на равнинах и невысоких горах; к ним относятся реки европейской части СССР (кроме Крыма), северной и западной Сибири, Скандинавии, восточной Германии, северной части Соединенных штатов Америки;

2) реки, имеющие паводки вследствие таяния снега и льда в высоких горах; этот тип в чистом виде не встречается, так как в питании участвуют и дожди; к нему приближаются реки западной части горных массивов середины Азии: Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Тарим, Верхний Инд;

3) ледники и подледниковые потоки в странах крайнего севера (Гренландия, Антарктика, Северная земля); осадки выносятся здесь в виде льда и подледниковой воды.

III. Реки сухих стран, где реки вследствие интенсивного испарения и просачивания либо совсем высыхают либо текут лишь в период сильных ливней (Арало-каспийская низменность, Сахара, Аравия).

Приведенная классификация устанавливает, таким образом, следующие основные виды питания:

а) дождевое (ливневое);

б) снеговое (равнинноснеговое и горноснеговое, ледниковое);

в) смешанное, т. е. типы *а* и *б*, что в природе чаще всего и встречается.

б) **Метеорологические факторы.** Основными метеорологическими факторами, влияющими на питание рек, являются осадки, испарение и температура. О способе учета этих факторов см. § 5—9. Осадки распределяются на суше неравномерно как в пространстве, так и во времени, и это обстоятельство влияет на неравномерность питания рек. Интенсивные жидкие осадки в виде ливней охватывают обычно небольшие участки и в смысле оценки паводков имеют решающее значение для рек с небольшими бассейнами, в особенности в южных широтах. На режим питания крупных рек большое влияние оказывают обильные дожди, вообще отличающиеся длительностью и охватом больших площадей. При подобных условиях дожди малой интенсивности хорошо пропитывают почву, давая богатые запасы подземному питанию и увеличивая поверхностное сбегание воды.

В наших климатических условиях решающую роль в питании играют обычно талые снеговые воды, которые при наличии больших запасов снега, мерзлого поверхностного слоя почвы и быстрого таяния создают условия для катастрофических паводков. При умеренном же таянии, обеспечивающем некоторое впитывание снеговых вод в почву, переход талых вод в подземные запасы и замедленный сбег воды оказывают благоприятное регулирующее действие на поток.

Для горных рек, берущих начало в ледниках, питание зависит почти исключительно от температуры воздуха. Чем она выше в течение теплого времени года, тем соответственно богаче поток водой.

Испарение отрицательно влияет на условия питания рек: чем значительнее дефицит насыщения, тем больше влаги пропадает для реки благодаря большему испарению. По Ольдекопу, реки можно разделить на два типа. В одном из них осадки примерно пропорциональны испарению, а в другом пропорциональны стоку, что объясняется значительным дефицитом влажности в первом случае и насыщенностью воздуха парами во втором.

в) **Топографические и гидрографические факторы**. На интенсивность питания реки оказывают влияние: величина, форма бассейна, его рельеф и наличие в бассейне реки, болот и озер.

Величина бассейна сказывается на регулирующем действии реки следующим образом. Чем больше бассейн, тем равномернее будет поступление в реку стекающих осадков, а при развитой речной системе в этом смысле благоприятно сказывается различие климатических условий для отдельных притоков.

Равномерность распределения притоков по длине главной реки и вытянутая форма ее бассейна также благоприятствуют более равномерному сбегу вод. Далее, чем круче склоны бассейна и чем расчлененнее рельеф, тем быстрее скатывается вода и тем менее потери на испарение и просачивание в почву.

Как величина и форма бассейна, так и его рельеф оказывают заметное влияние на продолжительность сбегания и на явление, называемое замедлением стока. Явление это состоит в том, что после выпадения дождей на некоторой площади бассейна к данному сечению начинает стекать не полностью количество осадков, соответствующее всей площади, а только с части ее, прилегающей к сечению; с отдаленных же частей осадки поступают с некоторым запозданием. Время, необходимое для стекания осадков с места их выпадения до данного сечения реки, называется временем добегания.

Влияние времени добегания

Величина площади одновременного притока и время добегания зависят: а) от скорости поверхностного стока, т. е. от рельефа бассейна, его уклона, шероховатости и толщины стекающего слоя; б) от величины и формы бассейна, т. е. от длины путей, по которым надо пройти стекающей воде, и в) от продолжительности и интенсивности осадков.

Если F — вся орошаемая осадками площадь бассейна до данной точки реки, t_{max} — промежуток времени, через который в реку начинает поступать вода с наиболее удаленной части орошенной дождями площади (зависит от уклона скатов, их шероховатости и толщины стекающего слоя), T — время выпадающих осадков, p — толщина слоя их, то средний секундный расход реки q в данном сечении будет:

$$q = \frac{apF}{T + t_{max}}, \qquad (3)$$

где a — коэфициент поверхностного стока, т. е. отношение количества стекшей воды к количеству выпавших в бассейне осадков. Если $T > t_{max}$, то через t_{max} площадь одновременного стока будет равна всей орошаемой осадками площади и непрерывное поступление с нее осадков составит время $T - t_{max}$, в течение которого должен наблюдаться наибольший расход воды в реке. После прекращения дождя площадь одновременного стока начнет убывать от максимума до 0 в течение того же времени t_{max}.

Если время выпадения дождя $T < t_{max}$, то площадь одновременного стока будет меньше всей орошенной осадками площади, и максимум расхода будет в момент окончания дождя. Впрочем вследствие потерь на испарение и просачивание, имеющих место после выпадения дождя, максимум расхода в данном пункте наступит позднее t_{max}. Учитывая также, что потери, в особенности на просачивание, постепенно убывают в течение всего времени стекания осадков, есть основание утверждать, что максимальный сток в данном сечении наступит к концу периода выпадения дождя, какова бы ни была его продолжительность, принимая при этом, что интенсивность дождя была постоянной.

На практике производился ряд попыток определения времени добегания, а именно, Рыкачев на основании сопоставления, колебаний уровней р. Волги у г. Рыбинска с осадками в бассейне выше этого пункта определил, что колебания следуют за выпадением осадков в среднем с опозданием до 10 дней (с погрешностью до 3 дней); Гейнц для р. Оки у Орла нашел, что осадки с верховьев запаздывают на 57,9 часа.

Влияние на сток болот и озер

Болота имеют отрицательное значение на сток, уменьшая его вследствие большой гигроскопичности и повышенной испаряемости. Кроме того они не отличаются регулирующей способностью, так как, впитав в себя в дождливое время максимум влаги, весной не задерживают талых вод, увеличивая тем самым половодье.

В роли питания рек озерам можно дать преимущественно положительную оценку, а именно: отличаясь во многих случаях большим водным зеркалом, озера мало изменяют свой уровень от притока паводковых вод своего бассейна; в свою очередь, отдавая воду в вытекающую из них реку, озера снижают амплитуду уровней и расходов последней и тем удлиняют как период паводков, так и высокой межени (выравнивание стока). Вместе с тем в условиях северного климата озера, сохраняя после зимы долгое время понижен-

ную температуру, способствуют конденсации влаги из воздуха, увеличивая положительный водный баланс бассейна. Обратно, испарение с озер при жарких климатических условиях снижает поступление осадков в реку.

г) **Почвенные и геологические факторы.** В отношении влияния на питание рек почвы можно разделить по степени водопроницаемости их. Проницаемые грунты благоприятствуют накоплению подземных вод и регулированию стока, непроницаемые облегчают попадание в реку поверхностного стока, увеличивая паводки. К группе непроницаемых грунтов можно отнести пропитанные водой и мерзлые грунты, которые не удерживают выпавших на них осадков, ухудшая тем режим рек.

Геологическое строение в бассейне реки влияет существенно на подземное питание в зависимости от стратификации пород. Благоприятно для питания рек расположение проницаемых пород, лежащих выше дна реки, над непроницаемыми, которые в свою очередь либо должны иметь падение в сторону тальвега реки, либо создавать пути движения воды в сторону реки. Уклонение от этого желательного сложения пород ухудшает условия грунтового питания потоков.

д) **Влияние растительного покрова.** Растительный покров обладает свойством удерживать влагу и усиленно испарять ее. Первым признаком преимущественно отличается лесная растительность, которая вызывает над собой более учащенные осадки, задерживая в то же время своими кронами быстрое испарение с почвы и таяние снега и тем регулируя питание рек; с другой стороны, лесная и травяная растительность, поглощая в большом количестве воду для собственных физиологических процессов и на испарение (транспирацию), ухудшает условия питания рек.

Исследования (в последнее время лесного ведомства США, опубликованные в 1932 г. Хойтом и Трокселем в Proccedings A. S. C. *E.*) указывают, что вырубка леса резко увеличивает расходы паводков и понижает, хотя и в меньшей степени, меженние расходы.

ГЛАВА VI

РЕЧНОЙ СТОК

§ 12. Основные характеристики стока

1. Модуль стока

Количество протекшей воды за известный промежуток времени в данном месте реки принято относить к единице площади водосбора до этого пункта, выражая объем стока в литрах в секунду на 1 км². Такая величина носит название м о д у л я с т о к а (*M*).

Если *S* куб. метров есть объем протекшей воды за *N* секунд, *F* — площадь бассейна в кв. километрах, то модуль стока будет:

$$M = \frac{S}{NF} \cdot 10^3 \text{ л/сек.} \qquad (1)$$

Называя $\frac{S}{N} = Q_{ср}$ м³/сек., где $Q_{ср}$ — средний расход в куб. метрах в секунду за весь период, имеем для модуля стока выражение

$$M = \frac{Q_{ср}}{F} \cdot 10^3 \text{ л/сек.} \qquad (2)$$

Модули стока могут быть месячные, сезонные, годовые и средние многолетние, в зависимости от выбираемого расчетного промежутка времени.

2. Норма стока

Нормой стока называется средний многолетний модуль стока (M_0).

Отношение годового модуля к норме называется **модульным коэфициентом** *K*, так что:

$$K = \frac{M}{M_0} \qquad (3)$$

Сток за определенный промежуток времени может быть представлен в виде слоя воды в миллиметрах, равномерно разлитого по площади бассейна *F*. Если *S* куб. метров составляет объем протекшей воды за *n* лет в данном сечении реки, а *F* — км² площадь бассейна, то средний слой стока в миллиметрах за год будет:

$$y = \frac{S \cdot 10^9}{F \cdot n \cdot 10_{12}} = \frac{S}{Fn} 10^{-3} \text{ мм.} \qquad (4)$$

3. **Коэфициент стока.** Коэфициент стока α представляет собой отношение объема протекшей воды к объему осадков *R*м³, выпавших в бассейне за тот же промежуток времени (за год или за ряд лет), или отношение за тот же период слоя стока к слою осадков, т. е.:

$$\alpha = \frac{S}{R} = \frac{Q_{ср} N}{x 10^{-3} F\, 10^6} = \frac{Q_{ср} N}{xF} \cdot 10^{-3},$$

или:

$$\alpha = \frac{y}{x}, \qquad (5)$$

где *S* и *R* — объемы стока и осадков в куб. метрах за один и тот же период (например год); $Q_{ср.}$ — средний секундный расход в куб. метрах за взятый промежуток времени *N* сек; *y* и *x* — слой стока и осадков в миллиметрах, *F* — площадь бассейна в кв. километрах.

4. **Зависимость между модулем стока и высотой осадков x** для годового периода определится следующими соотношениями:

Объем годового стока на основании предыдущего (4)

$$S = yF\, 10^3 \text{ м}^3$$

Число секунд в году $365 \times 86\,400 = 31{,}54 \cdot 10^6$.

Объем годового стока, выраженный через годовой модуль (1), будет:

$$S = MF \cdot 31{,}54 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} = 31{,}54 \cdot 10^3\, MF \text{ м}^3$$

Приравнивая правые части предыдущих равенств:

$$yF\, 10^3 = 31{,}54\, MF\, 10^3$$

или

$$y = 31{,}54\, M$$

$$M = \frac{y}{31{,}54}, \qquad (6)$$

где *y* в миллиметрах, а *M* л/сек. на 1 км².

Пример:

Для примера использования предыдущих формул возьмем гидрологические данные для р. Сухоны у с. Рабанга (29 км от истока): F — 15 770 км². Сток за период с 1 января 1885 г. по 1 октября 1927 г. (135·10⁷ сек) составил 215·10⁹ м³; сток за один 1885 г. — 406·10⁷ м³ (31,54·10⁶ сек).

$$M_0 = \frac{215 \cdot 10^9 \cdot 10^3}{135 \cdot 10^7 . 15{,}77 \cdot 10^3} = 10{,}1 \text{ л/сек}$$

$$M_0 = \frac{406 \cdot 10^7 \cdot 10^3}{31{,}54 \cdot 10^6 \cdot 15{,}77 \cdot 10^3} = 8{,}16 \text{ л/сек (за 1885 г.)}$$

$$K = \frac{M}{M_0} = \frac{8{,}16}{10{,}1} = 0{,}805.$$

Средний многолетний слой стока (за 42,75 лет)

$$y = \frac{215 \cdot 10^9}{42{,}75 \cdot 15{,}77 \cdot 10^3} \cdot 10^{-3} = 319 \text{ мм}$$

или

$$y = 31{,}54 \cdot 10{,}1 = 319 \text{ мм}.$$

Норма осадков для истоков р. Сухоны составляет 541 мм. Коэфициент стока:

$$a = \frac{319}{541} = 0{,}59.$$

§ 13. Расчеты годового стока

1. Способы получения данных о стоке

Основной целью изучения водных источников является получение данных об их водоносности и степени ее изменчивости во времени. В отношении рек выясняется количество протекающей воды за отдельные годы, по сезонам года и за многолетний период. Для озер устанавливается изменчивость накопления воды в чаше озера и связь накопления со стоком реки, берущей начало из озер.

Соответственно поставленной задаче установление водоносности может носить характер или получения предварительных данных для первоначальных проектных соображений (гипотеза, схема), или требования в отношении полноты сведений о водном режиме источников могут значительно возрасти, в случае законченных стадий проектирования (эскизный проект, технический). Однако, для любой технической задачи будут получены существенно различные в смысле точности результаты, в зависимости от наличия непосредственных наблюдений и их длительности.

Изученность источника определяется тремя главными факторами: 1) достаточным числом пунктов наблюдений, 2) охватом ими всей изменчивости водного режима на протяжении каждого года и 3) числом лет наблюдений на пунктах.

Количество пунктов, по которым можно иметь обоснованное суждение о режиме источника, зависит от рода задания. Например, в вопросах промышленного водоснабжения, ирригации нередко сведения могут ограничиваться накоплением материалов у определенной точки, тогда как для целей водного транспорта или для решения задач полного энергетического использования источника необходимы материалы наблюдений на всей реке или на значительной ее части, а на озерах с большой площадью водной поверхности — во многих пунктах береговой зоны. Наблюдения во всех случаях должны проводиться систематически в течение года, а для установления изменчивости режима по годам необходим многолетний цикл наблюдений, так как строгой периодичности в явлениях стока пока не установлено, и если даже учесть имеющиеся указания на некоторую периодичность, то и в этом случае она выражается большим числом лет (по Брюкнеру 35 годами).

Хотя за последние 10—12 лет на территории СССР в широком масштабе развернуты специальные изыскания, охватившие главнейшие водные источники, и в настоящее время мы переходим от стадии ориентировочных предположений к проверенным конкретным материалам, но тем не менее еще продолжительное время придется встречаться со впервые осваиваемыми водными источниками, по которым необходимо будет устанавливать вначале предварительный прогноз и от него переходить затем для уточнения данных к систематическому изучению.

Поэтому способы определения элементов стока различаются между собой в зависимости от гидрологической изученности бассейна и распадаются на три группы:

а) при отсутствии непосредственных наблюдений,
б) при наличии малого количества наблюдений и
в) при наличии большого или достаточного количества их.

2. Определение величины стока при отсутствии непосредственных измерений

Для предварительных соображений о стоке пользуются формулами для стока, которые выводятся для определенных районов на основании фактических данных за более или менее длительные периоды или специальными методами.

Большинство формул дает количественную зависимость годового стока от климатического фактора (чаще всего от одного) без принятия во внимание многих других факторов, о которых упоминалось выше, в § 11. Эти ограничения лишают формулы какой бы то ни было универсальности и придают им чисто местный характер, приуроченный лишь к областям, для которых они выведены.

а) **формулы,** выведенные для рек Средней Европы в функции от осадков.

1) Келлера. . . . . $y = 0{,}942\ (x - 430)$ мм . . . . . (7)
2) Пенка. . . . . $y = 0{,}73\ (x - 420)$ мм. . . . . (8)
3) Уле. . . . . $y = 18 \cdot 10^{-2} x + 9 \cdot 10^{-5} x^2 + 10^{-7} x^3$ . . . . (9)
4) Шрейбера. . . $y = x\ 10^{-a/x}$ . . . . . (10)

В последней формуле для ручьев и равнинных рек a равно от 200 до 350 мм и для рек с значительным расходом в их среднем течении a изменяется в пределах от 350 до 500 мм.

Во всех предыдущих формулах x и y представляют собой годовой слой осадков и стока в миллиметрах.

Характерно отметить, что в формуле Келлера и Пенка осадки в количестве 430 и 420 мм дают нулевой сток, что повидимому противоречит действительности и указывает на неправильность построения формулы.

б) **формула Ишковского** связывает сток не только с осадками, но и с физико-географическими факторами и претендует на большую универсальность. Выведена она на основании 289 измерений на 14 бассейнах: Сена — 20 измерений, Луара — 35, Рейн — 86, Вестфальские реки —14, Эмс —8,

Везер — 24, Эльба — 21, Одер — 10, Висла — 12, Прегель — 1, Мемель — 1, Этш — 12, Дунай — 43, Днестр — 2.

Для выражения среднего секундного расхода Q_m м³/сек нормального года служит основная формула:

$$Q_m = \frac{\alpha x F}{31{,}54} \cdot 10^{-3} = 3171 \cdot 10^{-8} \alpha x F, \qquad (11)$$

где x — годовой слой осадков в миллиметрах, F — площадь бассейна в квадратных километрах, α — коэфициент стока.

На основании Q_m Ишковским даются формулы:

а) для самого низкого, когда-либо наблюдавшегося расхода:

$$Q_0 = 0{,}2nQ_m;$$

б) для среднеарифметического из многолетних наименьших расходов:

$$Q_1 = 0{,}4nQ_m;$$

в) для среднеарифметического из многолетних наиболее продолжительных расходов:

$$Q_2 = 0{,}7nQ_m.$$

Кроме того, для максимального возможного расхода:

$$Q_{max} = a_h m x F 10^{-3}.$$

Входящие в предыдущие формулы коэфициенты зависят: n — от проницаемости почв, растительности, площади и рельефа бассейна, наличия озер, от равномерности распределения осадков в году; a_h — от рельефа, рода почвы, развития растительности и площади бассейна; m — от площади бассейна.

Нижеприводимые таблицы (см. стр. 223 и 225) дают указания о выборе величины соответствующих коэфициентов.

I. Значение коэфициента n

А. Условия почвы и растительности

1. Для средних почвенных условий с нормальной растительностью n=1,00 (при существовании озер и прудов, регулирующих сток, коэфициент доходит до 1,5).

2. Для водопроницаемой почвы:

при большей проницаемости и меньшей растительности } от 0,4 до 0,8,
при меньшей проницаемости и большей растительности }
в среднем 0,6

3. Для непроницаемой почвы:

а) для низменности от n=1,00 до 1,5,
б) для холмистого рельефа с уменьшением растительности от 0,8 до 0,5,
в) для гор от 0,6 до 0,3 (причем для малых ручьев в голых водонепроницаемых горах приближается к 0).

Б. Величина бассейна

а) Для бассейна менее 200 км² при указанных в пункте А условиях к приведенным выше значениям n рекомендуется прибавлять 25% при хорошем растительном покрове и уменьшать на 25% при плохом.

Таблица I к формулам Ишковского

Значение коэфициентов α и a_h

№ по порядку	Рельеф	α	a_h для 4 классов почв			
			1	2	3	4
1	Болота и низины	0,20	0,017	0,030	—	—
2	Низменности и плоские возвышенности (плоскогорье)	0,25	0,025	0,040	—	—
3	Частью низменность, частью холмы	0,30	0,030	0,055	—	—
4	Волнистый рельеф с некрутыми холмами	0,35	0,035	0,070	0,125	—
5	Отчасти среднегористый, отчасти волнистый рельеф с крутыми холмами	0,40	0,040	0,082	0,155	0,400
6	Рельеф, как в Арденнах, Эйфеле, Вестервальде, Фогельсберге, Оденвальде или как в отрогах более высоких гор, в среднем	0,45	0,045	0,100	0,190	0,450
7	Рельеф, как в Гарце, Тюрингенском лесу, Богемском лесу, Венском лесу, Франкенвальде и т. п., в среднем	0,50	0,050	0,120	0,225	0,500
8	Рельеф, как в Шварцвальде, Вогезах, Судетах, Бескидах и т. д., в среднем	0,55	0,055	0,140	0,290	0,550
9	Высокие горы, смотря по крутости	0,60	0,060	0,160	0,360	0,600
10	Наибольшие величины	0,70	0,080	0,210	0,600	0,800
						0,700

б) Для бассейна между 200 км² и 20 000 км² величины коэфициента n те же, какие указаны в пункте A.

в) Для бассейнов свыше 20 000 км² коэфициенты по пункту A следует увеличить следующим образом:

для F равной от 20 000 до 50 000 км² от 0 до 15%
» » » » 50 000 до 100 000 » от 15 до 50%
» » » » 100 000 до 200 000 » от 50 до 100%

В. Распределение осадков

Чем равномернее распределение осадков, тем более увеличивается величина n, а именно так, что для бассейнов, зависящих от морского климата, n увеличивается на 50%.

Могущее случиться совпадение предусмотренных и непредусмотренных здесь влияний надо учесть соответствующим случаю образом. Надо подчеркнуть, что указанные значения n и главные основания для выбора и изменения их не должны рассматриваться как незыблемые, скорее они должны давать только направление, которому надо следовать при установлении значений n в зависимости от обстоятельств.

При этом могут иметь место столь различные влияния, что точное установление величины n окажется невозможным. Поэтому иногда и в таких случаях при употреблении этих формул необходимо бывает пользоваться данными измерений, произведенных для проверки и сравнения коэфициентов формул.

II. Классы почвы при выборе коэфициента a_h

I класс. Очень водопроницаемые почвы с обыкновенной растительностью или средняя смешанная почва с богатой растительностью и пашня, при всякой высоте и при площади бассейна, большей 4 000 км².

II класс. Наиболее часто встречающиеся смешанные (средние) почвы с нормальной растительностью при волнистом и горном рельефе или менее проницаемые почвы с нормальной растительностью на равнине или со слегка волнистым рельефом. Далее, сюда относятся почвы I класса для бассейнов менее 1 000 км². Для бассейнов площадью между 1 000 и 4 000 км² I и II классы объединяются, и величины коэфициента a_h берутся между значениями I и II классов в зависимости от характера бассейна.

III класс. Водонепроницаемая почва с нормальной растительностью в холмистой с крутыми склонами или гористой местности, при наибольшей площади около 5 000 км².

Для бассейнов площадью от 5 000 до 12 000 км² берутся промежуточные значения между II и III классами. При еще больших бассейнах вместо III класса имеет место II класс и в соответствующих случаях значения между II и I классами.

IV класс. Водонепроницаемая почва со скудной растительностью или совсем без растительности в холмистой с крутыми склонами или гористой местности. При очень малых бассейнах до 50 км², когда имеются условия III класса.

При бассейне от 50 до 300 км² берутся значения между III и IV классами. Для бассейна более 300 км² класс IV применяется только в исключительных случаях.

В формулах **Ишковского** обращает на себя внимание множественность коэфициентов, установление которых часто представляет затруднение. Кроме того, для рек СССР связь между среднегодовым расходом Q_m и расходами

Таблица 2 к формулам Ишковского

Значение коэфициента m

F_3 км²	I			II			III			IV		
	m	F	m	F	m	F	m	F	m	F	m	F	m
1	10,0	150	7,10	1 000	4,70	5 000	3,125	70 000	2,365	180 000	1,500		
10	9,5	200	6,87	1 200	4,515	6 000	3,103	80 000	2,260	190 000	1,425		
20	9,0	250	6,70	1 400	4,320	7 000	3,082	90 000	2,155	200 000	1,350		
30	8,5	300	6,55	1 600	4,145	8 000	3,060	100 000	2,050	225 000	1,175		
40	8,23	350	6,37	1 800	3,960	9 000	3,038	110 000	1,980	250 000	1,000		
50	7,95	400	6,22	2 000	3,775	10 000	3,017	120 000	1,920				
60	7,75	500	5,90	2 500	3,613	20 000	2,909	130 000	1,855				
70	7,60	600	5,60	3 000	3,450	30 000	2,801	140 000	1,790				
80	7,50	700	5,35	3 500	3,350	40 000	2,693	150 000	1,725				
90	7,43	800	5,12	4 000	3,250	50 000	2,575	160 000	1,650				
100	7,40	900	4,90	4 500	3,200	60 000	2,470	170 000	1,575				

Примечание. Промежуточные величины находятся интерполированием по закону прямой линии.

При этом надо отметить, что при определении коэфициента m он всегда относится ко всей площади бассейна.

Поэтому если бассейн F состоит из частей, так что $F = F_1 + F_2 + F_3 + \ldots\ldots$, то уравнение пишется для Q_3 таким образом:

$$Q_3 = m\,\Sigma\,(a_{h1}\,p_1 F_1 + a_{h2}\,p_2 F_2 + a_{h3}\,p_3 F_3 + \ldots\ldots$$

Q_0, Q_1 и Q_2 будет другая, чем для рек средней Европы, относящихся по классификации Воейкова к 3-й и 5-й группам рек, в то время как реки европейской части СССР (кроме Крыма) относятся к 4-й группе и характеризуются сильными паводками от таяния снега (реки средней Европы, например 3-й группы, имеют высшие горизонты в холодные месяцы года). В соответствии с указанным максимальные расходы, определяемые формулой Q_{max}, дают для наших условий преуменьшенные значения и не могут базироваться непосредственно на слое годовых осадков, поскольку интенсивность паводков зависит от запаса снега и особенно от развития процесса таяния.

Вышеупомянутые соображения ставят большие ограничения в смысле непосредственного использования предложенных Ишковским формул, которые могли бы быть приняты лишь с известными коррективами на базе наших опытных данных.

Например, коэфициент стока α для Ленинградской области и Карелии по таблице Ишковского следовало бы принять равным 0,20—0,25, между тем как для этих районов он колеблется от 0,40 до 0,60, т. е. в 2—3 раза выше. Наоборот, для южных районов (Донецкий бассейн) коэфициентом по Ишковскому следовало бы принять 0,30—0,40, действительная же величина в этих районах колеблется в пределах 0,10—0,15, т. е. в 3—4 раза ниже.

в) **Метод Мейера.** Для приближенного учета годового стока может быть применен метод Мейера, основанный на вычитании из величины осадков величины испарения по стандартным графикам, которые приведены выше (§ 5), или по такому же принципу может быть подсчитан сток, если предварительно подсчитать испарение z по формуле Ольдекопа:

$$z = z_0 \cdot \operatorname{tg} h \left(\frac{x}{z_0}\right) = z_0 \operatorname{tg} h\,(n), \qquad (12)$$

где $z_0 = Cd$ в миллиметрах, означает максимально возможное испарение в данной местности; d — дефицит влажности; C — коэфициент; x — слой осадков в миллиметрах и tg h — гиперболический тангенс

$$\operatorname{tg} h\,(n) = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$$

(e — основание Неперовых логарифмов +2,7183).

Прилагая формулу отдельно к зимнему (ноябрь-апрель) и летнему (май-октябрь) полугодиям, **Ольдекоп** дает для C соответственно: $C_1 = 96$ (зима) и $C_2 = 136$ (лето).

Слой осадков и дефицит влажности берутся и подсчитываются раздельно по полугодиям. Годовое испарение z составит сумму испарений по полугодиям.

г) **Географо-гидрологический метод.** Проблема установления годового стока на основании предыдущего не может считаться конечно решенной и требует дальнейшей разработки. В последнее время вводится в практику географо-гидрологический метод, намечающий возможность подойти к определению некоторых основных гидрологических данных (характера межен-него питания, степени участия грунтового питания в стоке) на основе всего комплекса условий стока.

3. Методы определения среднего многолетнего стока по Д. И. Кочерину

Для приближенного определения среднего многолетнего стока Д. И. Кочерин подсчитал на основании имевшихся данных по 34 бассейнам европейских рек Союза средние многолетние модули M_0 и наложил результаты своих

Средний многолетний сток

№	Река	Бассейн	Пункт	Период	Число лет	Площадь бассейна в км²	Норма стока M_0 л/с км²
1	Свирь	—	Исток	1881—1922	42	61 300	10,3
2	Свирь	—	с. Пиркиничи	1881—1922	42	69 300	9,75
3	Важинка	Свири	устье	1918—1922	4	2 000	15,0
4	Усланка	Свири	устье	1918—1922	4	380	11,9
5	Яндеба	Свири	д. Демидовская	1918—1921	3½	310	11,5
6	Суна	Онежск. озеро	Кивач	1911—1924	12	7 170	9,6
7	Сандалка	Суны	исток	1911—1924	12	1 100	8,1
7а	Кемь	Белое море	д. Подужемье	1917—1920	3	29 000	8,6
8	Мста	Ильмень	д. Потерпелицы	1912—1922	11	10 640	9,0
8а	Мста	»	»	1889—1914	26	10 640	12,7
9	Волхов	—	Гостинополье	1881—1910	30	76 000	8,5
9а	Волхов	—	»	1881—1924	44	76 000	7,6
10	Нева	—	Пороги	1881—1910	30	280 000	8,6
11	Великая	Чудское озеро	д. Выдра	—	—	21 800	6,7
12	Зап. Двина	—	—	1875—1887	13	97 000	7,2
13	Кама	Волги	устье	1903—1912	10	520 000	6,7
14	Волга	—	Ярославль	1877—1912	36	162 000	7,2
15	Москва	Оки	Москва	1892—1916	25	8 300	5,7
16	Чусовая	Камы	Ревда	1911—1913	2	1 375	6,4
17	Волга	—	Вязовые	1903—1912	10	625 000	5,9
18	Ока	—	Калуга	1881—1910	30	54 000	5,0
19	Ока *	—	Орел	1884—1897	13	4 870	3,6
20	Сызрань	Волги	Сызрань	1923	1	4 270	3,5
21	Болва	Десны	д. Круча	1914—1916	3	3 260	6,8
22	Днепр	—	Киев	1887—1908	32	336 000	4,35
23	Днепр	—	Лоцм. Каменка	1887—1923	46	466 000	3,4
24	Днестр	—	Могилев	1887—1923	32	44 000	4,9
25	Днестр	—	устье	1854—1885	32	71 000	3,0
26	Дон	—	Калач	1801—1910	10	226 000	2,4
27	Южный Буг	—	Александровка	1913—1924	11	46 000	2,1
28	Салгир	Азовск. моря	Симферополь	1913—1924	11	323	3,8
29	Горынь	Припяти	д. Белогуша	1895—1914	20	27 000	(2,7)
30	Горынь	»	д. Збуж	1895—1914	20	10 000	(3,4)
31	Рось	Днепра	Богуслав	1915—1918	4	8 850	2,6
32	Рось	»	Белая Церковь	1914—1918	5	6 800	2,6
33	Хорол	Псела	Миргород	1915—1918	4	1 650	(1,15)
34	Ворскла	Днепра	Полтава	1914—1919	5½	8 000	(2,1)

* Согласно указаниям С. Н. Никитина (бассейн Оки, Исслед. Гидрогеологического отдела, 1894—98 гг., вып. 2, СПБ., 1905), было бы правильнее принимать бассейн Оки до Орла в размере 3 700—3 800 кв. верст, или около 4 250 км². Тогда норма стока для Оки до Орла повышается до 4,1 л.

работ на карту в виде изолиний норм стока (рис. 12). Данные по отдельным речным бассейнам приведены в таблице (средний многолетний сток).

На основе тех же данных К о ч е р и н ы м построена и карта изолиний коэфициентов стока (рис. 13).

При построении изолиний К о ч е р и н принимал, что модуль стока не зависит от площади бассейна, что справедливо для рек с большими бассейнами, для которых различие климатических и физико-географических условий частных бассейнов осредняется. Мелкие же бассейны могут дать значительные отклонения от норм.

По инициативе Е. И. И о г а н с о н а, руководившего обширной гидрометрической сетью Ленинградского отделения Гидроэлектропроекта, в 1931 г. была начата работа по уточнению норм стока, данных Кочериным. Работа эта издается в 1936 г. Лен. отд. Гидэпа при авторстве Г. П. И в а н о в а, М. К. Ф и л и н а и др. Карта изолиний стока, приводимая здесь (рис. 14) составлена для европейской части Союза на основе проработки данных по 163 бассейнам, из коих большинство данных взято из материалов Гидроэлектропроекта. Значительному уточнению подверглись изолинии Кочерина по Карело-Мурманскому краю, Валдайской возвышенности и Уралу.

По данным среднего многолетнего модуля стока M_0 и площади бассейна реки F, подсчет среднего многолетнего стока производится по формуле § 12, причем частные площади бассейна определяются между изолиниями, а соответственные модули берутся средние между смежными линиями модулей и умножаются на частные площади:

$$S = 31{,}54 \cdot 10^3 M_0 F \text{ м}^3.$$

4. Формула М. А. Великанова — Д. Л. Соколовского

Для приближенных подсчетов многолетнего модуля стока может служить также формула коэфициента стока, данная Великановым — Соколовским:

$$\alpha = \frac{y}{x} = 1 - \sqrt{\frac{d}{d_{max}}} = 1 - \sqrt{\frac{d}{4{,}8}}, \qquad (14)$$

или на основании зависимости § 12 $y = 31{,}54\, M_0$ имеем из предыдущей формулы:

$$M_0 = \frac{x}{31{,}54}\left(1 - \sqrt{\frac{d}{4{,}8}}\right), \qquad (15)$$

где d — дефицит влажности (недостаток насыщения) за многолетний период, d_{max} — 4,8 (наибольшее значение дефицита влажности, даваемое авторами для европейской части Союза) и x — норма осадков в бассейне.

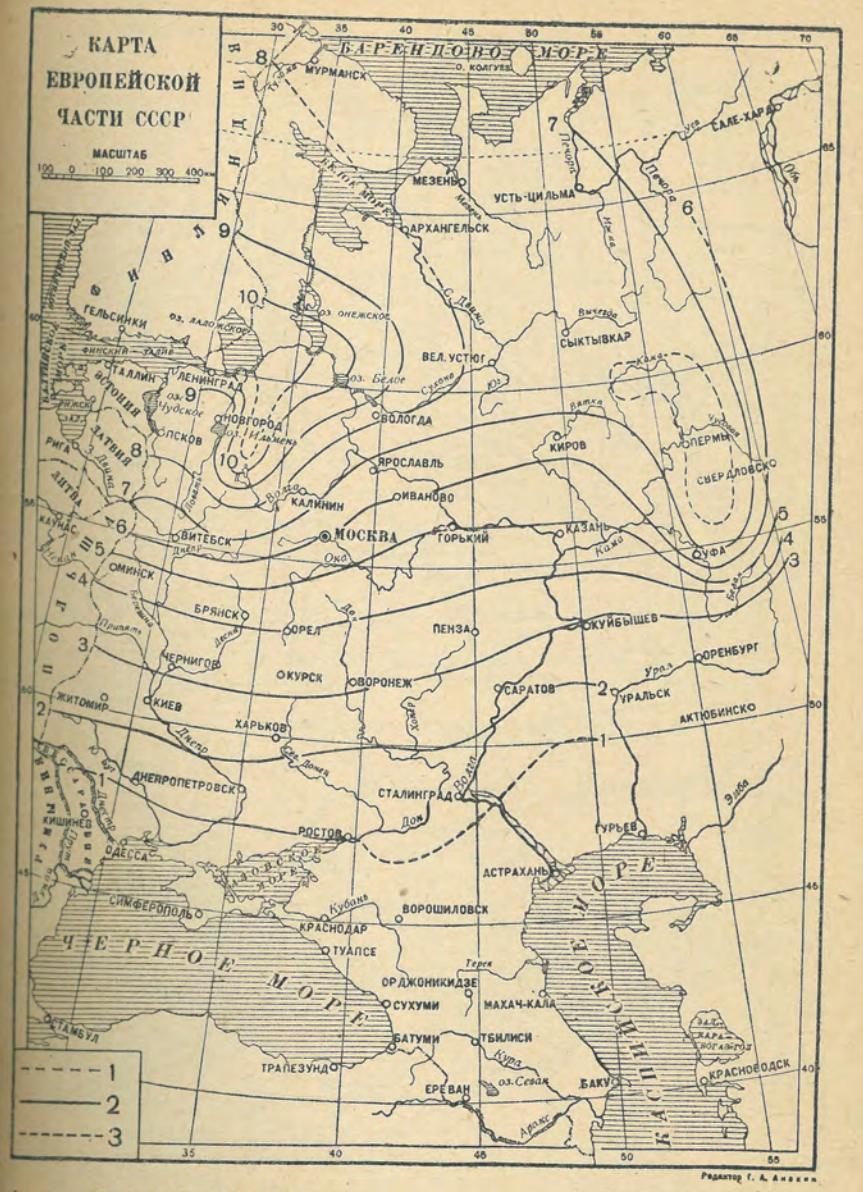
П р и м е р п о д с ч е т а н о р м ы с т о к а д л я р. Кола по данным метеорологической станции того же наименования по ф о р м у л е В е л и к а н о в а — С о к о л о в с к о г о.

В таблице помещены подсчеты дефицита влажности по средней месячной температуре воздуха, пользуясь методом Ольдекопа (§ 4) (см. на стр. 231).

Норма осадков для ст. Кола $x = 550$ мм; отсюда:

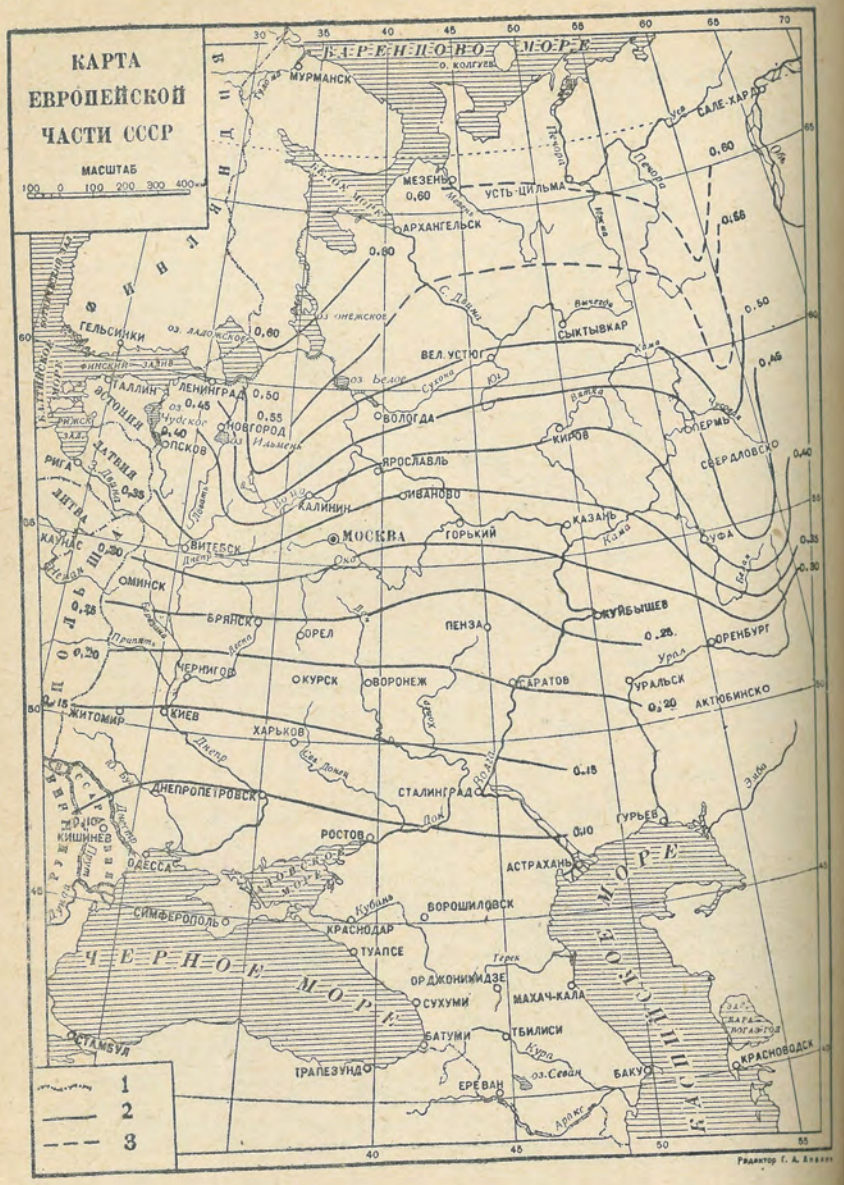
$$\alpha = 1 - \sqrt{\frac{1{,}1}{4{,}8}} = 0{,}52 \quad \text{и} \quad M_0 = \frac{550}{31{,}54} \cdot 0{,}52 = 9{,}1 \text{ л/сек.}$$

Для характеристики распределения среднегодового дефицита влажности по бассейну реки Волги дается карта с нанесением соответствующих изолиний (рис. 15).



1 ——— Государственная граница.
2 ——— Изолинии модулей среднего многолетнего стока.
3 ——— Изолинии модулей среднего многолетнего стока — предположительно.

Рис. 12. Карта Европейской части СССР с показанием изолиний модулей среднего многолетнего стока.



1 ——— Государственная граница.
2 ——— Изолинии с показанием равных коэфициентов стока.
3 – – – – Изолинии с показанием равных коэфициентов стока — предположительно.

Рис. 13. Карта Европейской части СССР с показанием равных коэфициентов стока.

Месяцы	$t_{ср.}$ за 30 лет	$t\ max$	A — коэфициент Ольденкопа	e абсолютная влажность	E упр. паров насыщ. возд.	Дефицит $d = E - e$	$\frac{d^2e}{dt^2}$	Поправка $0{,}09\ A^2\frac{d^2e}{dt^2}$	Истинное значение влажного дефицита d
I	—11,5	1,2	12,7	1,90	1,90	0,0	0,012	0,17	0,17
II	—11,6	0,4	12,0	1,80	1,89	0,09	0,011	0,14	0,23
III	— 8,1	3,0	11,1	2,20	2,49	0,29	0,013	0,14	0,43
IV	— 1,6	8,7	10,3	3,20	4,07	0,87	0,020	0,19	1,06
V	3,4	15,4	12,0	4,30	5,85	1,55	0,026	0,33	1,88
VI	8,7	23,4	14,7	6,90	8,44	1,54	0,034	0,66	2,20
VII	12,5	24,9	12,4	8,00	10,87	2,87	0,041	0,57	3,44
VIII	10,7	22,3	11,6	7,90	9,65	1,75	0,038	0,46	2,21
IX	5,9	15,3	9,4	6,00	6,96	0,96	0,030	0,24	1,20
X	— 0,3	8,5	8,8	4,40	4,48	0,08	0,022	0,15	0,23
XI	— 6,4	3,6	10,0	2,80	2,84	0,04	0,014	0,13	0,17
XII	—10,4	1,4	11,8	2,20	2,08	0,12	0,012	0,15	0,03
						Сумма		$\Sigma d =$	13,25
						Среднее		$d =$	1,10

5. Подсчеты стока при ограниченных данных непосредственных наблюдений

Основной задачей при подсчете стока в этом случае является построение приближенной кривой расходов и на основании ее и данных водомерных наблюдений построение гидрографа расходов или составление соответствующей ведомости, по которой может быть подсчитан сток как по месяцам, так и за целый год.

В этих целях применяются следующие расчетные формулы для построения кривых расхода:

1) Формула Шези:

$$V = C\sqrt{RI} \tag{16}$$

или

$$Q = \omega C\sqrt{RI}, \tag{17}$$

где V — средняя скорость потока; Q — расход воды; ω — площадь живого сечения; R — гидравлический радиус, равный частному от деления площади живого сечения на смоченный периметр этой площади; C — коэфициент, даваемый в эмпирическом виде Базеном, Гангилье—Куттером, Маннингом, Горбачевым и др. авторами (см. I том Справочника). Выражения для C приводятся в курсах гидравлики, а наиболее распространенные из них следующие:

а) Новая формула Базена:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \tag{а}$$

б) Формула Маннинга:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \tag{б}$$

Величины γ в первой из них и n во второй представляют собой коэфициенты шероховатости, имеющие по абсолютной величине разные значения при почти тождественных условиях шероховатости русла. По данным Базена, γ колеблется в пределах от 0,06 до 1,75, причем меньший предел соответствует руслам с наиболее гладкими стенками и больший — наиболее шероховатым. При аналогичных условиях n по Куттеру изменяется от 0,009 до 0,040.

Подбор коэфициентов γ и n в зависимости от типа формул осуществляется либо на основании сведений о строении русла, либо, точнее, из подсчетов, пользуясь непосредственно измеренными расходами. Вставляя в формулу $Q=\omega C\sqrt{RI}$ известные из гидрометрических определений гидравлические элементы Q, R, I, ω, находим C. После этого по найденному C определяются из предыдущих формул a и b коэфициенты γ и n, которые будут, вообще говоря, верны лишь для тех горизонтов, для которых вычислены. По необходимости они могут быть распространены как для более низких, так и высоких горизонтов; в последнем случае однако лишь до пределов поймы, которая вносит существенное изменение в шероховатость русла.

Разрешить достаточно правильно задачу установления расхода реки при наличии работающей поймы только гидравлическим путем почти не удается, так как режим реки в этом случае наиболее далек от равномерного, и при этих обстоятельствах каждый случай при отыскании приближенного решения приходится рассматривать индивидуально.

При этом может быть примерно намечен такой путь. Наивысший горизонт устанавливается анкетным путем, затем для основного русла до его бровок при подсчетах расхода берется ранее найденный коэфициент γ или n; в пределах же поймы, в зависимости от ее характера, принимают γ от 1,30 до 1,75 или для n соответственно от 0,030 до 0,040. По выделенным частям (главное русло и пойма) расход подсчитывается отдельно, после чего для получения общего расхода частные элементы его суммируются.

2) **Формула Грегера** дает среднюю скорость для всего сечения и представлена для двух случаев:

$$\text{а)}\quad V'_{cp}=23{,}781\,T_m^{0{,}776}\,I^{0{,}458} \tag{18}$$

при средней глубине T_m, равной от 0,20 до 2,00 м, и

$$\text{б)}\quad V''_{cp}=23{,}11\,T_m^{0{,}58}\,I^{0{,}43} \tag{19}$$

при средней глубине $T_m>2$ м.

Средняя глубина T_m в обеих формулах находится по обычному способу для широких русел, как частное от деления площади живого сечения на ширину реки по урезу. Эти формулы применимы для ширины реки $B_{min}=10$ м и $I_{max}=0{,}005$.

3) **Формула Германека:**

$$\text{а)}\quad V'_{cp}=30{,}7\sqrt[4]{T_m}\sqrt{T_mI}\ \ldots \text{ для } T_m\leqslant 1{,}5\text{ м}, \tag{20}$$

$$\text{б)}\quad V''_{cp}=34\sqrt[4]{T_m}\sqrt{T_mI}\ldots \text{ для } 6>T_m>1{,}5\text{ м}, \tag{21}$$

в ней значение букв прежнее.

4) **Линдбоэ** дает для V_{cp} группу формул, из которых практическое применение имеют следующие:

T_m \ I	$I<0{,}0006$	$0{,}0006<I<0{,}005$
$T_m<1{,}12$	$23{,}37\left(0{,}822-\frac{T_m}{B}\right)T^{0{,}9}I^{0{,}42}$	$33{,}86\left(0{,}822-\frac{T_m}{B}\right)T^{0{,}9}I^{0{,}47}$
$1{,}12<T_m<3{,}65$	$24{,}11\left(0{,}822-\frac{T_m}{B}\right)T^{0{,}63}I^{0{,}42}$	$34{,}94\left(0{,}822-\frac{T_m}{B}\right)T^{0{,}63}I^{0{,}47}$
$T_m>3{,}65$	$27{,}45\left(0{,}822-\frac{T_m}{B}\right)T^{0{,}53}I^{0{,}42}$	$39{,}77\left(0{,}822-\frac{T_m}{B}\right)T^{0{,}53}I^{0{,}47}$

5) **Формула Христена,** которую предложивший ее автор рекомендует для рек с размываемым дном:

$$V_{cp}=6{,}31\sqrt{TI}\sqrt[8]{\frac{B}{2}}.$$

Для получения расхода Q надо умножить V_{cp} метр. на площадь живого сечения в кв. метрах.

Практическое удобство формул п. 2—5 заключается в том, что для вычисления средней скорости не требуется знания коэфициента шероховатости, но это же ограничивает применение этих формул условиями, аналогичными тем, для которых формулы выведены.

Во всех случаях пользования предшествующими формулами следует по возможности результаты, даваемые ими, сравнивать с фактическими расходами, а также между собой, чтобы иметь суждение о правильности подбора расхода.

Удовлетворительные результаты дают формулы п. 2 и 3, которые проверены для многих небольших рек Донбасса, а также формула п. 4, применявшаяся в разнообразных условиях.

6) **Метод проф. Глушкова** для построения кривой расходов, применяемый при наличии малого количества непосредственно измеренных расходов.

По установленному для естественного русла коэфициенту шероховатости и уклону реки I строится сначала по формуле Шези «кривая нормальных расходов» для фиктивного прямоугольного русла, ширина которого примерно равна ширине реки, принимая при построении γ и i постоянными.

Если известны на основании измерений расходы Q_1, Q_2 и Q_3 и соответствующие им горизонты H_1, H_2, H_3, то можно установить величины:

$$Z_1=\frac{Q_1}{Q'_0},\quad Z_2=\frac{Q_2}{Q''_0},\quad Z_3=\frac{Q_3}{Q'''_0},$$

выражающие отношения измеренных расходов ко взятым по кривой для фиктивного прямоугольного русла при тех же горизонтах H_1, H_2, H_3. Откладывая по горизонтальной оси значения Z, а по вертикальной величины H, построим по имеющимся точкам кривую зависимости Z от H. Далее экстраполируя ее в оба конца до пределов, возможных в данном месте горизонтов, можем недостающие точки для искомой кривой найти из зависимости $Q=ZQ_0$, где Z берется с кривой $Z=f(H)$, а Q_0 с кривой фиктивного русла при опре-

7) **Метод Меттлера.** Этот метод предложен автором его взамен непосредственных измерений вертушкой и по внешности напоминает графомеханический способ обработки расходов, но по существу представляет эмпирические зависимости, основанные на материалах измерений расходов воды, произведенных главным образом швейцарским гидрографическим управлением. По указанию автора и по данным применения его в СССР (Е. И. Иогансон), метод дает удовлетворительные результаты для рек, находящихся в довольно разнообразных бытовых условиях, в особенности тогда, когда имеется хотя бы небольшое число непосредственно измеренных расходов в данном пункте реки, при помощи которых могут быть установлены наиболее важные гидравлические и русловые ее условия.

Подсчет расходов по способу Меттлера производится по промерам данного живого сечения, по уклону реки и шероховатости русла (рис. 16).

В отношении шероховатости Меттлер подразделяет русла на следующие категории:

Категория шероховатости	Описание характера русла
0	Гладкий бетон, выструганное дерево, совершенно гладкое дно
I	Ровное, бетонное, каменное или деревянное дно
II	Ил, земля, тонкая глина, кирпич с заполненными швами
III	Песок, земля, мелкий гравий, равнинные реки
IV	Грубой отески каменные плиты, грубая кирпичная кладка
V	Гравий, земля и небольшие неровности
VI	Крупный, кругло отшлифованный гравий, мелкие валуны, неровное дно реки средней возвышенности
VII	Грубые остроугольные камни и валуны
VIII, IX, X	Грубые камни, наличие водорослей. Значительные неровности. Горные реки и плохо содержимые (заросшие) каналы

При неизменном уклоне I, равном 0,001, и в зависимости от типа шероховатости русла Меттлером составлена номограмма значений площадей элементарных расходов (или площадей эпюр скоростей) в функции от глубины в данной точке (рис. 16-а). Откладывая над линией горизонта воды

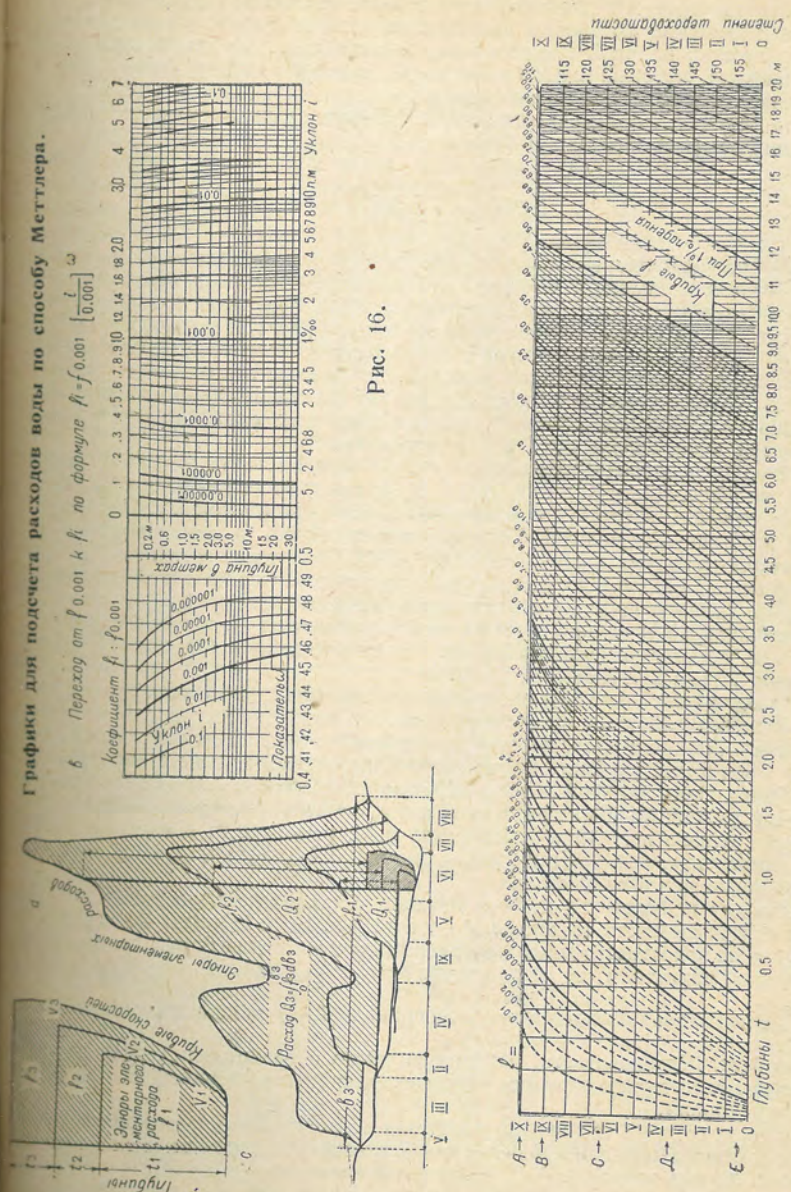


Рис. 16.

Рис. 16а. Номограмма площадей элементарных расходов $f_{0,001}$ для 10 степеней шероховатости и для глубин 0–20 м.

против точек перелома дна данного поперечного сечения реки отрезки прямых, выражающих площади элементарных расходов (*16-д*), и соединяя вершины отрезков плавной кривой, получаем площадь, определяющую величину расхода, который находим подобно графомеханическому способу подсчета расходов планиметрированием.

Для уклонов, отличающихся от 0,001, высота ординат изменяется на основании даваемой Меттлером формулы:

$$f_i = f_{0,001}\left[\frac{i}{0,001}\right]^{\omega},$$

где f_i — площадь элементарного расхода (*16-с*) при заданном уклоне i; $f_{0,001}$ — соответствующая площадь при уклоне 0,001; i — данный уклон и ω — показатель степени, зависящий от глубины t и изменяющийся в пределах от 0,4 до 0,5 при возрастании глубин от 0,2 до 30 м (*16-в*).

Ход построений и подсчетов по способу Меттлера следующий: если имеются непосредственно измеренные расходы, то прежде всего необходимо построить эпюры скоростей на всех вертикалях и установить уклон реки или на основании непосредственной нивелировки или косвенно при помощи формул Германека, Грегера и др.

Обращаясь затем к номограмме (*16-в* — правая часть чертежа), видим слева на вертикали глубины 0,2; 0,6; 30 м; снизу по горизонтали написаны цифры уклонов, которые более отчетливо написаны на кривых. Так, первая слева кривая имеет надпись 0,000001, вторая 0,00001, а между ними на оси абсцисс стоит цифра 5, означающая 0,000005. Недостающие кривые в промежутке между первой и второй интерполируются. Далее на верхней горизонтальной границе графика стоят цифры отношений $\sigma = f_i : f_{0,001}$, а именно против стоящей в начале вертикальной черты стоит 0, затем следует 0,1; 0,2; 0,3, у следующей вертикальной черты поставлено 1,0, затем следуют цифры 1,2; 1,4; 2,0; 3,0; 4; 5; 6 и 7.

На основании этого графика находят линию (прямо или интерполяцией), соответствующую данному уклону реки, и, зная глубину в данной точке вертикали, находят место пересечения кривой уклона с горизонтальной прямой, отвечающей глубине. Место встречи сносят по вертикали на верхнюю горизонтальную линию и читают величину отношения $\sigma = f_i : f_{0,001}$. Например для уклона 0,0001 и глубины t, равной=1,0 м, прочтем $\sigma = 0,36$, а для того же уклона и t=10 м будем иметь 0,34; уклону 0,01 и глубине t=5 м соответствует $\sigma = 2,67$. Для уклона же в 0,001 коэфициент σ =1 остается неизменным при всех глубинах.

Для дальнейшего необходимы сведения о характере ложа реки или категория шероховатости по шкале Меттлера. Если выяснен коэфициент σ и имеем из непосредственных измерений площадь элементарных расходов f_i на данной вертикали, то из равенства $\sigma = f_i : f_{0,001}$ найдем величину $f_{0,001} = \frac{\sigma}{f_i}$, по которой из следующей номограммы (*16-а*) найдем шероховатость на вертикали. Шероховатость, найденную таким образом, используем для последующих интересующих нас горизонтов, считая ее неизменной при колебаниях уровня.

Номограмма (*16-а*) для $f_{0,001}$ имеет вид прямоугольника, на короткой стороне которого показаны через равные промежутки классы шероховатости от 0 до X, под литерами *A*, *B*, *C*, *D* и *E* дано некоторое объединение предыдущих групп, и *A* обозначает очень шероховатое русло, а *E* очень ровное, остальные характеризуют промежуточное состояние.

Далее на нижней горизонтальной линии нанесены глубины от 0 до 20 м, а на верхней — площади элементарных расходов; поле графика занято кривыми $f_{0,001}$. Имея на данной вертикали глубину, допустим 5 м и $f_{0,001}$=16м²/сек, в точке встречи вертикальной линии t=5 м и кривой $f_{0,001}$= =16 м²/сек по номограмме найдем, что через нее проходит горизонталь с обозначением VI класса шероховатости.

Расходы при новых горизонтах будут в дальнейшем находиться на основании шероховатости для каждой из имеющихся вертикалей и уклонов, которые выяснились при замерении расходов. При наличии некоторой серии уклонов, исследование может быть укажет на некоторую закономерность в их изменениях одновременно с горизонтами, каковые выводы необходимо использовать для заданных горизонтов. Если же закономерности не обнаружится, то можно взять средний уклон из всех полученных. Построение площади расходов будет протекать, как изложено вначале. По уклону и глубине будет найдена σ, затем по шероховатости и глубине из графика (*16-а*) найдется величина $f_{0,001}$, которая при построении площади расходов должна быть помножена на σ.

Для береговых вертикалей Меттлер рекомендует брать шероховатость на 1—3 балла выше русловой, а кроме того для плавного перехода от вертикали к вертикали на промежуточных точках следует шероховатость брать среднюю между соседними. Для узких и глубоких русел номограммы непригодны.

Для примера возьмем i =0,0002, глубину 8 м и шероховатость V. Первая номограмма (*16, в*) даст $\sigma = f_i : f_{0,001} = 0,47$, вторая (*16, а*) при шероховатости V и глубине 8 м даст $f_{0,001}$=35 м²/сек; действительная площадь будет f_i=35·0,47=16,54 м²/сек.

Если расходы в данном сечении не определялись, нужно располагать данными (кроме промеров) о шероховатости и уклоне реки, после чего нетрудно сделать подсчеты по приближенному нахождению расхода.

Для иллюстрации приведем сравнительные данные подсчетов по Меттлеру с непосредственно замеренными расходами и по кривой расходов для р. Сулак у сел. Миатлы*. Шероховатость в профиле живого сечения была принята в русле по VII—VIII категориям и IX—X у берегов и проверена по данным измерения расхода 28 августа 1926 г. при низком горизонте, когда имелось сведение о поверхностном уклоне реки. Те же значения шероховатостей согласно указаниям Меттлера были сохранены при более высоких горизонтах.

Время измерения расхода	Горизонт	Уклон	Расходы			Отклонение расхода по Меттлеру (в процентах)	
			измеренные	по крив. расхода	по Меттлеру	от измеренного	от крив.
28/VIII 1926	1,015	0,00149	159,93	163	168	+ 5,0	+3,1
17/VIII 1926	1,335	0,00182	281,52	272	260	— 7,6	—4,4
28/VI 1926	1,795	0,0025	464,09	467	461	— 0,65	—1,28
2/IX 1926	2,41	0,0033	913,45	807	803	—12,1	—0,52

* Горная река Дагестана, выходящая у сел. Миатлы на плоскость, несет очень много окатанного камня и гальки.

Из приведенной таблицы видно, что расходы, вычисленные по Меттлеру, близки к непосредственно измеренным и взятым по кривой. Наибольшее расхождение (12,1%) получилось для расхода, помещенного в последней строчке, что объясняется неточностью его непосредственного определения (по поверхностным скоростям).

6. Построение гидрографа расхода

Имея построенную тем или иным способом кривую расходов или подобранное к ней уравнение и обработанные талоны водомерных наблюдений по створу поста, можно построить график изменения ежедневных секундных расходов.

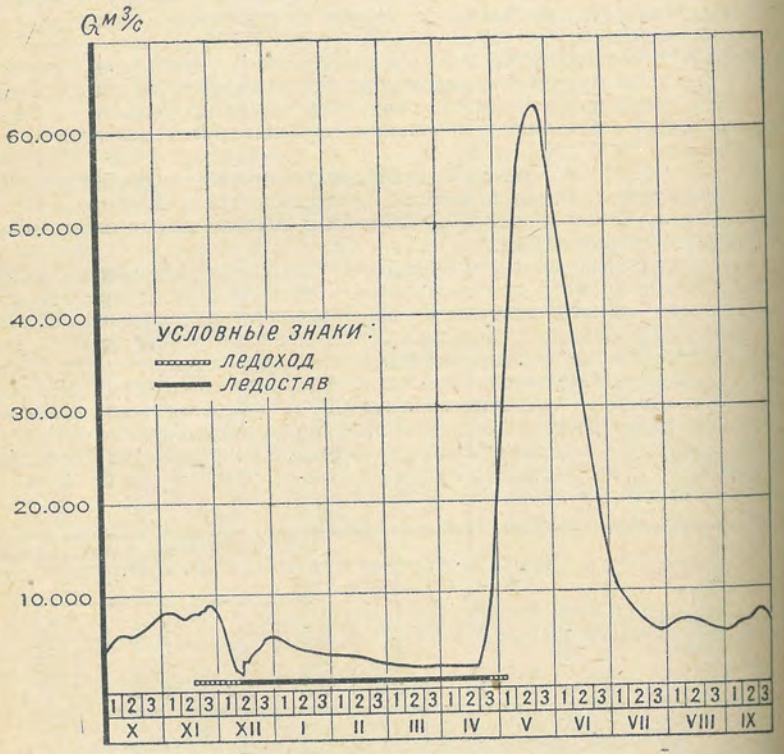


Рис. 17.

Предварительно необходимо указать, что водомерные наблюдения ведутся с различной частотой в течение суток и обычная их частота — один

или три раза в сутки. Если имеются только разовые наблюдения, то при построении гидрографа по необходимости пользуются только ими, игнорируя колебание в течение суток, которое учесть уже нельзя. При трехразовых наблюдениях суточное колебание горизонта в первом приближении можно учесть, выводя из трех срочных наблюдений арифметическую среднюю высоту горизонта. Для более уточненных выводов правильнее производить обработку среднесуточных горизонтов, учитывая веса промежутков между отдельными наблюдениями. Если сроки наблюдения — 7, 13 и 21 час., а соответствующие уровни — h_1, h_2 и h_3, то средний суточный уровень таким образом будет:

$$H_{ср} = \frac{10h_1 + 6h_2 + 8h_3}{24},$$

где 10 — промежуток времени между 21 и 7 час., 6 — между 7 и 13 час. и 8 — между 13 и 21 час.

Установив вышеуказанным путем средние суточные уровни и найдя соответственные расходы по кривой или уравнению, составляют ведомость ежедневных секундных расходов, а по ним для наглядности строят график, называемый гидрографом (рис. 17), на котором по горизонтальной оси отложено время с интервалами, дающими возможность откладывать сутки, а по вертикальной — величины секундных расходов, отвечающих средним горизонтам данных суток. Полученный график, тождественный по виду с графиком колебания уровня, дает возможность сделать выводы относительно водности года или отдельных его периодов.

Обводя планиметром площадь, ограниченную контуром колебания расходов и горизонтальной осью, и деля ее на длину периода (т. е. на 365—366 дней), получаем среднюю ординату или средний секундный расход в течение года. Умножая его на число секунд в году $24\times60\times60\times365=31{,}54\cdot10^6$, получаем годовой сток во взятом месте реки. Точно так же выводя на основании обводки средние расходы за месяц, сезон и т. п. и умножая на соответственное число секунд во взятом периоде, получим сток месячный, сезонный и т. п. Те же элементы могут быть подсчитаны непосредственно по вышеуказанным таблицам.

При построении гидрографа приходится иметь дело с тремя периодами, а именно: 1) когда река свободна от льда (для которой и относились предыдущие рассуждения о построении кривой расходов), 2) когда она находится под ледяным покровом, и наконец 3) при нахождении ее в промежуточном состоянии (осень и весна). Для зимнего и промежуточных периодов обыкновенно не удается установить определенных зависимостей расходов от горизонтов, тем более если участок реки подвержен зажорным явлениям, когда колебания горизонтов отнюдь не связаны с ростом или уменьшением расходов. Установление величин секундных расходов в данном случае носит приближенный характер и базируется на фактических замеренных расходах, число которых обычно невелико. Путем сопоставления с летней кривой иногда удается установить отношение для зимних расходов по сравнению с расходами летними при одноименных горизонтах. Несомненно, что в таком приеме кроется элемент ошибки, но вследствие пониженного питания рек зимой, когда почти отсутствует поверхностный сток и питание происходит за счет грунтовых вод, недоучет в некоторых случаях стока зимнего и переходного периодов не столь значителен по сравнению со стоком целого года.

При ограниченных данных о зимних расходах приближенное начертание гидрографа за этот период может быть сделано путем плавного соединения ветвей гидрографа от момента ледостава и до начала весеннего подъема через фактические точки замеренных расходов. Таким же образом могут быть

ориентировочно начертаны предзимний и предвесенний части гидрографа. Установление очертания зимней части гидрографа чрезвычайно важно для правильного учета водоносности реки за зимний период и должно базироваться для подробных расчетов на возможно большем фактическом материале измеренных расходов.

7. Подсчет стока при наличии большого количества наблюдений

Это наиболее благоприятный случай из всех рассматриваемых, но и реже встречаемый.

Если материал полевых измерений тщательно обработан по методам гидрометрии (см. ниже) и проверен, то наличие кривой расхода и наблюдений над уровнями в общем делает подсчет стока чисто арифметической операцией.

Особое внимание здесь должно быть обращено на зимний период, для которого должно быть измерено возможно большее число расходов, так как зависимости их от уровней не удается установить. Линейная интерполяция между измеренными расходами даст возможность найти промежуточные расходы во все дни отсутствия измерений.

Долю неопределенности вносят переходные периоды от ледостава к открытому руслу, и наоборот. Простейший способ определения расходов для таких промежутков указан выше (см. п. 6).

§ 14. Применение метода математической статистики к установлению стока различной обеспеченности

1. Сущность метода

Имея в данном пункте реки подсчет стока по сезонам или за целые годовые периоды, серию наблюденных максимальных или минимальных расходов и т. д., возможно составить числовой ряд этих величин, взятых по однородному признаку (например, сток за весенние периоды, за весь год и т. д.), и произвести анализ числовых величин. Удобнее при этом располагать не абсолютной величиной стока, а модулями стока или еще лучше модульными коэфициентами, а для группы чисел, соответствующих максимальным расходам, пользоваться числами, выражающими отношения каждого из взятых расходов к среднеарифметической их величине. Если при этом мы и располагаем достаточно большим числом наблюдений (что бывает довольно редко), то все же с уверенностью нельзя сказать, что нам известны крайние значения величин стока, максимальных расходов и пр. и повторяемость (обеспеченность) известных нам фактических величин.

Метод математической статистики (том I Справочника, стр. 142), впервые примененный к переменным гидрологическим элементам американскими исследователями-гидрологами Хезеном, Холлем и Фостером, позволяет ответить на вышеуказанные вопросы, причем оказывается, например, что уже 10-летние среднегодовые модули позволяют с большим вероятием устанавливать экстремные значения модулей, отвечающие практическим требованиям.

Сущность метода заключается в следующем. Любое явление, выражающееся числовыми величинами (например, высота уровней, величина расходов и т. п.), можно изобразить в виде ряда величин в возрастающем или убывающем порядке и изобразить связь с известным фактором, например временем, графически.

Откладывая по оси ординат горизонты или расходы воды, а по оси абсцисс время в днях, соответствующее числу дней* стояния горизонта (расхода) в определенном интервале, и соединяя средние точки интервалов, мы получим, вообще говоря, некоторую ломаную линию (к р и в у ю ч а с т о т ы), выражающую зависимость двух рассматриваемых переменных величин. В общем случае удобно рассматривать предел таких ломаных в виде плавных кривых.

Кривые частоты бывают симметричными и несимметричными, совпадающими обоими концами с одной из осей или примыкающими лишь одним концом к этой оси, а вторым — ассимптотически приближающимся к ней и т. п. П и р с о н о м различаются всего семь типов таких кривых, которым он дает математическое выражение в виде диференциальных уравнений, содержащих некоторые величины (параметры), характеризующие очертание этих кривых. Из названных кривых для изучения вопроса о стоке Фостером принята кривая несимметричная или так называемая кривая III типа Пирсона (рис. 18).

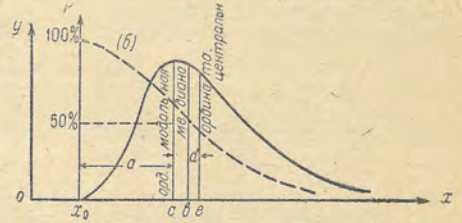


Рис. 18. Кривая III типа Пирсона.

Это сделано Ф о с т е р о м по соображениям удобства и простоты вычислений некоторых величин (моментов), составляющих параметры кривой и по причине достаточного соответствия этого вида кривой эмпирическим (получаемым из практики) данным. В указанной кривой по оси ординат откладываются частоты или значения, соответствующие числу случаев, или проценты к общему числу, имевшему место для данного значения переменной (например, модульного коэфициента), а по оси абсцисс — значения переменной. Характерные ординаты кривой частоты: 1) точка e на оси OX, соответствующая средней арифметической из величин переменной (модульных коэфициентов), носит название ц е н т р а р а с п р е д е л е н и я, а соответствующая ей ордината — центральной; 2) значение переменной (b), которое в составленном убывающем или в возрастающем ряде по порядку счета или в нумерации занимает среднее место, называется м е д и а н о й, а ордината, проходящая через эту точку, м е д и а н н о й. Этой ординатой площадь, ограниченная кривой, делится на две равновеликие части; 3) точка c на оси OX, которой соответствует наибольшая ордината или наибольшая частота, называется м о д о й, а ордината — м о д а л ь н о й. Очертание, или вид кривой частоты, как указывалось, характеризуется параметрами или коэфициентами, которые для рассматриваемой кривой обозначаются Фостером через C_v и C_s.

Первый из них C_v — н а з ы в а е т с я к о э ф и ц и е н т о м в а р и а ц и и и характеризует степень широты или размаха переменной (по оси OX), причем большому значению C_v соответствует большая растянутость, а меньшему C_v — сжатость кривой. Второй коэфициент C_s — служит мерилом несимметричности кривой и называется коэфициентом н е с и м м е т р и и или а с и м м е т р и и. Расстояние d между центром и модой является также показателем несимметрии. Между указанными тремя величинами существует зависимость:

$$d = \frac{C_v C_s}{2}.$$

* Абсолютное число дней можно заменить процентным отношением их ко всему рассматриваемому периоду (например году).

Далее, если a — расстояние от левой границы кривой до моды, то:

$$a + d = \frac{2C_v}{C_s};$$

Для определения величины C_v Фостером установлена следующая зависимость:

$$C_v = \sqrt{\frac{\Sigma (k-1)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n-1}},$$

где k — переменная, выраженная в долях от средней (например модульный коэфициент), а n — число таких коэфициентов или лет наблюдений.

Следует отметить, что $k-1=\delta$ означает отклонение k от 1 и $\Sigma(k-1)$ равна 0, если k составлено в долях от среднего модуля. В самом деле, если имеем ряд среднегодовых модулей M_1, M_2, M_3 ... M_n и n лет наблюдений, то среднее значение модуля:

$$M_0 = \frac{M_1 + M_2 + \ldots + M_n}{n}, \qquad (а)$$

среднее же значение модульного коэфициента:

$$k_{cp} = \frac{1}{n}\left(\frac{M_1}{M_0} + \frac{M_2}{M_0} + \ldots + \frac{M_n}{M_0}\right) = \frac{1}{n}\left(\frac{M_1 + M_2 + \ldots M_n}{M_0}\right). \qquad (б)$$

Если в знаменатель (б) вместо M_0 подставить предыдущие выражения из (а), то получим:

$$k_{cp} = 1. \qquad (в)$$

Складывая для получения суммы $\Sigma(k-1)$ числа:

$$(k_1 - 1) + (k_2 - 1) + \ldots (k_n - 1),$$

получим:

$$k_1 + k_2 + k_3 + \ldots k_n - n,$$

а разделяя все на n, будем иметь на основании (в):

$$k_{cp} - 1 = 0.$$

Однако, сумма квадратов $(k_1-1)^2 + (k_2-1)^2 + \ldots (k_n-1)^2$ будет >0, так как некоторые отрицательные величины $k-1$, возведенные в квадрат, дадут положительные значения.

Непосредственно между C_v и C_s существует некоторая неопределенная зависимость

$$C_s \geqslant 2C_v,$$

указывающая, что для кривых III типа Пирсона C_s не менее $2C_v$, а равенство

$$C_s = 2C_v$$

дает предельное наименьшее значение для C_s. Как увидим ниже, при построении кривой обеспеченности, упомянутое равенство соответствует более осторожному случаю определения крайних величин переменной (модуля), что при расчетах имеет важное значение.

Наконец:

$$C_s = \frac{\Sigma (k-1)^3}{(n-1)\,C_v^3} = \frac{\Sigma \delta^3}{(n-1)\,C_v^3},$$

по каковому выражению может быть подсчитано C_s.

Ошибка при нахождении того или другого коэфициента существенно зависит от числа отдельных, имеющихся в нашем распоряжении, величин.

Нижеследующая таблица дает понятие о проценте ошибки от теоретической кривой при вычислении C_v и C_s при разном числе лет наблюдений.

Вычисляемые величины и ошибки	Числа лет наблюдений				Примечание
	100	20	10	5	
1. $C_v = \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n-1}}$	0,0996	0,0988	0,0980	0,0950	Данные таблицы составлены на основании построенной теорет. кривой для
2. Ошибка	0,0004	0,0012	0,0020	0,0050	
3. То же в %	0,4	1,2	2,0	5,0	$C_s = 0{,}6$ и
1. $C_s = \frac{\Sigma \delta^3}{(n-1)\,C_v^3}$	0,552	0,425	0,308	0,102	$C_v = 0{,}1$
2. Ошибка	0,048	0,175	0,292	0,498	
3. То же в %	8	29	48,6	82,9	
1. $C_v = \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n-1}}$	0,0997	0,0980	0,0965	0,0916	То же для
2. Ошибка	0,0003	0,0020	0,0035	0,0084	$C_s = 1{,}2$
3. То же в %	0,3	2,0	3,5	8,4	$C_v = 0{,}1$
1. $C_s = \frac{\Sigma \delta^3}{(n-1)\,C_v^3}$ . . .	1,065	0,813	0,583	0,365	
2. Ошибка	0,135	0,387	0,617	0,835	
3. То же в %	11,1	32,3	51,4	69,6	

Из рассмотрения таблицы видно, что вычисленное значение C_v для 100-летнего периода отличается от истинного значения $C_v=0{,}1$ на 0,4% и 0,3%. Между тем C_s при этом же периоде лет дает отклонение от истинных величин 0,6 и 1,2 соответственно 8% и 11,1%.

При 5-летнем же периоде наблюдений имеем для C_v 5% и 8,4%, а для C_s 82,9% и 69,6%.

Таким образом, для коэфициента вариации C_v не столь существенно иметь многолетние данные наблюдений, но зато для коэфициента несимметрии C_s они необходимы.

Казалось бы, при таких условиях, когда в среднем имеются наблюдения за 5—10 лет, применение вышеуказанного метода встречает затруднение. Однако, построение кривых продолжительности (которые обычно строятся вместо кривых частоты и получаются из последних последовательным суммированием ординат или элементарных площадок кривых частоты (б), обнаруживает, что довольно значительные изменения коэфициента C_s мало сказываются на форме кривой, и наибольшее отклонение модульных коэфициентов при одинаковой их обеспеченности обнаруживается в конце кривой, в той ее части, где отыскивается обеспеченность минимальных модульных коэфициентов. Так как при назначении минимальных модульных коэфициентов необходимо руководиться получением наиболее осторожных решений, то этому условию будет удовлетворять для построения кривой значение $C_s=2C_v$. С возрастанием же C_s против указанной величины модульные коэфициенты также возрастут при соблюдении одного и того же процента обеспеченности. Для примера укажем, что при $C_v=0,1$ и $C_s=2$. 0,1=0,20 модульный коэфициент, соответствующий обеспеченности 95% (1 маловодный год на 20 лет), дает значение модульного коэфициента 0,85, а для $C_v=0,1$ и $C_s=3$ тот же коэфициент 0,95.

Для построения кривых продолжительности при разных значениях C_v и C_s Фостером составлена таблица отклонений ординат кривых продолжительности от середины, т. е. от единицы для значений C_s между 0 и 3 и при $C_v=1,0$ (см. таблицу на след. стр.). Для значений C_v, отличающихся от единицы, соответствующие значения ординат получаются умножением на величину C_v, и после их подсчета указанным способом для получения модульных коэфициентов к полученным числам прибавляется единица, так как в предшествующих подсчетах мы имели величины отклонений коэфициента от среднего их значения (единицы).

Остановимся на примере подсчетов коэфициентов C_v и C_s и ординат кривой обеспеченности для р. Сулак по пятилетним наблюдениям у с. Миатлы. Площадь водосбора Сулака в этом пункте 12 756 км².

Годы	Ср. годовой расход м³/сек	Ср. расходы в убывающем порядке	Коэфициент k	Отклонение от единицы +	Отклонение от единицы —	$\delta^2=(k-1)^2$	
1925	146,4	201,0	1,146	0,146		0,02132	$M_0=\frac{175400}{12756}=$
26	183,4	185,8	1,059	0,059		0,00348	
27	160,5	183,4	1,045	0,045		0,00202	= 13,75 л сек.
28	201,0	160,5	0,915		— 0,085	0,00723	
29	185,8	146,4	0,835		— 0,165	0,02722	
	$Q_{ср}=175,4$			0,250	0,250	0,06127	

$$C_v=\sqrt{\frac{\Sigma\delta^2}{n-1}}=\sqrt{\frac{0,06127}{4}}=0,125.$$

Принимаем: $C_s=2C_v=0,25$.

Интерполируем значение таблицы для $C_s=0,25$ и $C_v=1,0$ и составляем 2-й столбец таблицы стр. 246.

Таблица отклонений ординат кривых продолжительности от середины в зависимости от значения C_s при $C_v=1,0$

(по Фостеру)

Коэфициент несимметрии C_s	Процентное значение обеспеченности 0,1	1,0	3,0	5	10	20	25	30	40
0,0	+3,00	+2,33	1,87	+1,64	+1,28	+0,84	+0,68	+0,52	+0,25
0,2	3,38	2,48	1,93	1,69	1,30	0,83	0,67	0,51	0,22
0,4	3,67	2,62	2,00	1,74	1,32	0,82	0,65	0,48	0,19
0,6	3,96	2,77	2,06	1,79	1,33	0,80	0,62	0,45	0,15
0,8	4,25	2,90	2,12	1,83	1,34	0,78	0,60	0,42	0,12
1,0	4,54	3,03	2,19	1,87	1,34	0,76	0,57	0,38	0,08
1,2	4,82	3,15	2,25	1,90	1,35	0,74	0,54	0,35	0,05
1,4	5,11	3,28	2,31	1,93	1,34	0,71	0,51	0,32	+0,02
1,6	5,39	3,40	2,36	1,96	1,33	0,68	0,48	0,28	—0,01
1,8	5,66	3,50	2,41	1,98	1,32	0,64	0,44	0,24	0,05
2,0	5,91	3,60	2,46	2,00	1,30	0,61	0,41	0,20	0,08
2,2	6,20	3,70	2,48	2,01	1,28	0,58	0,37	0,17	0,11
2,4	6,47	3,78	2,49	2,01	1,25	0,54	0,33	0,13	0,14
2,6	6,73	3,87	2,50	2,01	1,23	0,51	0,31	0,10	0,17
2,8	6,99	3,95	2,51	2,02	1,20	0,47	0,26	0,06	0,20
3,0	+7,25	+4,02	2,52	+2,02	+1,18	+0,42	+0,25	+0,03	—0,23

Продолжение

Коэфициент несимметрии C_s	Процентное значение обеспеченности 50	60	70	75	80	90	95	97	99,0	99,9
0,0	0,00	—0,25	—0,52	0,68	—0,84	—1,28	—1,64	—1,88	—2,32	—2,09
0,2	—0,03	0,28	0,55	0,70	0,85	1,25	1,58	1,79	2,18	2,89
0,4	0,06	0,31	0,57	0,71	0,85	1,22	1,51	1,69	2,03	2,54
0,6	0,09	0,34	0,58	0,72	0,86	1,19	1,45	1,59	1,88	2,23
0,8	0,13	0,37	0,60	0,73	0,86	1,16	1,38	1,49	1,74	2,03
1,0	0,16	0,40	0,61	0,73	0,86	1,12	1,31	1,39	1,59	1,80
1,2	0,19	0,42	0,62	0,73	0,85	1,08	1,25	1,30	1,45	1,59
1,4	0,22	0,44	0,63	0,73	0,84	1,05	1,18	1,21	1,32	1,40
1,6	0,25	0,46	0,64	0,73	0,82	1,00	1,11	1,13	1,19	1,24
1,8	0,28	0,48	0,64	0,72	0,80	0,95	1,03	1,06	1,08	1,11
2,0	0,30	0,49	0,64	0,71	0,78	0,90	0,95	0,98	0,99	1,00
2,2	0,33	0,49	0,63	0,69	0,75	0,85	0,90	0,90	0,90	0,91
2,4	0,35	0,50	0,62	0,66	0,71	0,79	0,82	0,82	0,83	0,83
2,6	0,37	0,50	0,60	0,64	0,68	0,74	0,76	0,76	0,77	0,77
2,8	0,38	0,50	0,59	0,62	0,65	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71
3,0	—0,40	—0,50	—0,57	—0,60	—0,62	—0,65	—0,66	—0,66	—0,67	—0,67

Процент обеспечен.	δ_0 Отклонения от середины при $C_v = 1$	$\delta = \delta_0 \cdot C_v$ Отклонения при $C_v = 0{,}125$	$k = \delta + 1$ Модульный коэфициент	13,75 ($\delta + 1$) Модуль стока	175,4 ($\delta + 1$) Секундн. расход	$C_s = 1$		
						δ_0 при $C_v = 1$	$\delta^1 = \delta_0\ 0{,}125$	$\delta^1 + 1$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,1	3,452	0,431	1,431	19,7	251,0	4,54	0,567	1,567
1,0	2,515	0,314	1,314	18,1	230,5	3,03	0,379	1,379
2,0	2,160	0,270	1,270	17,5	222,8	—	—	—
3,0	1,960	0,245	1,245	17,1	218,4	2,19	0,274	1,274
5,0	1,702	0,213	1,213	16,7	212,8	1,87	0,234	1,234
10,0	1,305	0,163	1,163	16,0	204,0	1,34	0,167	1,167
20,0	0,828	0,103	0,103	15,2	193,5	0,76	0,095	1,095
25,0	0,665	0,083	1,083	14,9	189,6	0,57	0,071	1,071
30,0	0,502	0,063	1,063	14,6	186,5	0,38	0,047	1,047
40,0	0,212	0,026	1,026	14,1	180,0	0,08	0,010	1,010
50,0	— 0,038	— 0,005	1,000	13,7	174,5	— 0,16	— 0,020	0,980
60,0	— 0,287	— 0,036	0,964	13,3	169,1	— 0,40	— 0,050	0,950
70,0	— 0,555	— 0,069	0,931	12,8	163,3	— 0,61	— 0,076	0,924
75,0	— 0,702	— 0,088	0,912	12,5	160,0	— 0,73	— 0,091	0,909
80,0	— 0,850	— 0,106	0,894	12,3	156,8	— 0,86	— 0,107	0,893
90,0	— 1,242	— 0,155	0,845	11,6	148,2	— 1,12	— 0,140	0,860
95,0	— 1,562	— 0,195	0,805	11,1	141,2	— 1,31	— 0,164	0,836
96,0	— 1,670	— 0,209	0,791	10,9	138,7	—	—	—
97,0	— 1,812	— 0,226	0,774	10,6	135,8	— 1,39	— 0,174	0,826
98,0	— 1,950	— 0,244	0,756	10,4	132,6	—	—	—
99,0	— 2,142	— 0,268	0,732	10,1	128,4	— 1,59	— 0,199	0,801
99,9	— 2,742	— 0,342	0,658	9,0	115,4	— 1,80	— 0,225	0,775
Норма			1,000	13,75	175,4			

В вышеприведенной таблице кроме обеспеченности модульных коэфициентов (гр. 1 и 4) подсчитана обеспеченность стока (гр. 5) и среднегодовых расходов (гр. 6). На рисунке 19 построена кривая обеспеченности. На ней по оси ординат отложены табличные значения модульных коэфициентов и по оси абсцисс — проценты обеспеченности или продолжительности. При таком построении кривая дает обеспеченность верхнего предела модульных коэфициентов. Горизонтальной линией, проходящей через ординату 1,00, обозначающей средину или норму модульных коэфициентов, построенная кривая разделяется на верхнюю и нижнюю части. Первая из них дает отклонение модульных коэфициентов от нормы в сторону увеличения и характеризует многоводные годы, а вторая, наоборот, годы маловодные, на основании чего данные кривой могут быть прочтены следующим образом.

Рис. 19. Кривая обеспеченности модульных коэфициентов для р. Сулак по Фостеру.

1. Многоводный год с модульным коэфициентом не ниже $k = 1{,}431$ имеет обеспеченность =0,1%, или 0,1 : 100=1 : 1000 или не чаще, как один год на 1 000 лет.

2. Многоводный год с коэфициентом не ниже $k=1{,}314$ обеспечен 1%, или один год на 100 лет.

3. Многоводный год с $k=1{,}213$ имеет обеспеченность 5%, или встречается не чаще одного года на 20 лет.

4. Норма, или $k=1$, имеет в данном случае обеспеченность почти 50 : 100=1 : 2 (один раз в два года).

5. Далее переходим к части кривой, характеризующей маловодные периоды, например, маловодный год с 95% обеспеченности: $k=0{,}805$. Этот коэфициент обеспечен 95 : 100 = =19 : 20 (19 лет из 20) и не обеспечен (т. е. меньше указанной величины) в течение 5% времени; это даст 1 год на 20 лет.

6. Наконец для маловодного года с $k=0{,}658$ обеспеченность выражается 99,9%, т. е. один год из 1 000 указанный модуль не обеспечен.

Если при расположении членов ряда (k) в убывающем порядке общую продолжительность периода разбить на 100 частей (перцентили), то может быть установлена нередко применяемая десятичная система наименования членов, характеризующая как номер члена, так и обеспеченность соответствующего члена. Так, например, член ряда, имеющий 5% обеспеченности, будет пятый верхнеперцентильный (пц) 10% — десять пц, или верхняя децель, 25% — 25 пц, или верхнеквадрильянный, 50%—50 пц, или меди-

анный. Таким же образом 90% будет 90 пц, или нижнедецильный, 75%—75 пц, или нижнеквадрильянный.

В приведенном примере верхнедецильный член имеет значение k=1,163, верхнеквадрильянный k=1,083, медианный k=1,000; нижний квадрильянный k=0,912 и т. д.

В некоторых случаях встречается необходимость проверки теоретической кривой распределения (обеспеченности) с фактическими данными, которые могут быть получены позднее того материала, который лег в основание расчета C_v и C_s, или, наконец, теоретическая кривая могла быть принята по аналогии с соседними реками, для которых C_v и C_s установлены и желательно сопоставить фактические данные с принятой кривой. Это может быть исполнено по формуле:

$$P = 100\left(\frac{m-0{,}5}{n}\right),$$

где P — процент обеспеченности; m — порядковый номер члена при расположении их в убывающем порядке; n — число членов ряда.

Обычный вид той же формулы, применяемой в статистике, имеет вид:

$$P = 100 - \frac{m}{n}.$$

В данном случае из m вычтено 0,5 потому, что для построения кривой частоты, на основании которой может быть получена затем кривая длительности, интервалы по оси времени берутся через 1 год, причем при проведении кривой частоты соединяются точки, лежащие на серединах интервалов, отчего каждый порядковый номер члена уменьшается на 0,5.

Если в ряду имеется 21 член и взят 11-й член, то процент обеспеченности будет:

$$100\left(\frac{11-0{,}5}{21}\right) = 50\%.$$

2. Преимущество построения кривых продолжительности по методу Фостера против применяемого статистического метода

Обычный способ построения кривой обеспеченности заключается в предварительном отборе по интервалам секундных расходов, которые могут быть также переведены при желании в модульные коэфициенты путем деления на средний многолетний секундный расход.

Располагая интервалы в убывающем порядке числовых величин и выписывая соответственные каждому интервалу частоты (время в днях) и суммируя частоты в данном интервале для всех лет наблюдений, получим суммарную частоту для этого промежутка, которую делим на число взятых лет для получения средней частоты; поступая так с каждым интервалом и суммируя затем последовательно получившиеся частоты, начиная с меньших значений интервалов, окончательно получим данные для построения интегральной кривой обеспеченности. Принимая общее время (год) за 100%, можно затем и промежуточные элементы времени интегральной кривой выразить в процентах от всего промежутка.

Вышеуказанные процентные значения обеспеченности модулей или расходов имеют прямой смысл лишь для рассмотренного промежутка времени, и

построение кривой обеспеченности базируется только на конкретных данных для всего участка кривой, между тем как такая же кривая, построенная на основании теории вероятности, позволяет уже при малых исходных данных математически экстраполировать кривую продолжительности в обе стороны и предуказать возможный порядок величин и их повторяемость за длинный промежуток времени. Несомненно, что исключительный вес и значение имеют все фактические данные и чем их больше, тем соответственно точнее результат анализа. Но при тождественных условиях для обоих случаев метод статистики позволяет удобнее обобщать результаты изученных рек и распространять их по аналогии для смежных бассейнов. Надлежащий выбор даже одного переменного параметра C_v почти целиком решает задачу, если вспомнить сказанное о малом для практических целей проценте ошибки для C_v при небольшом числе лет наблюдений и о сравнительно малом влиянии значительных изменений C_v на вывод обеспеченности. Критерий, определяемый равенством C_s=2C_v, дает осторожные решения и возможность построения кривой обеспеченности при сравнительно небольшом числе наблюдений.

3. Построение кривой продолжительности для неисследованных рек

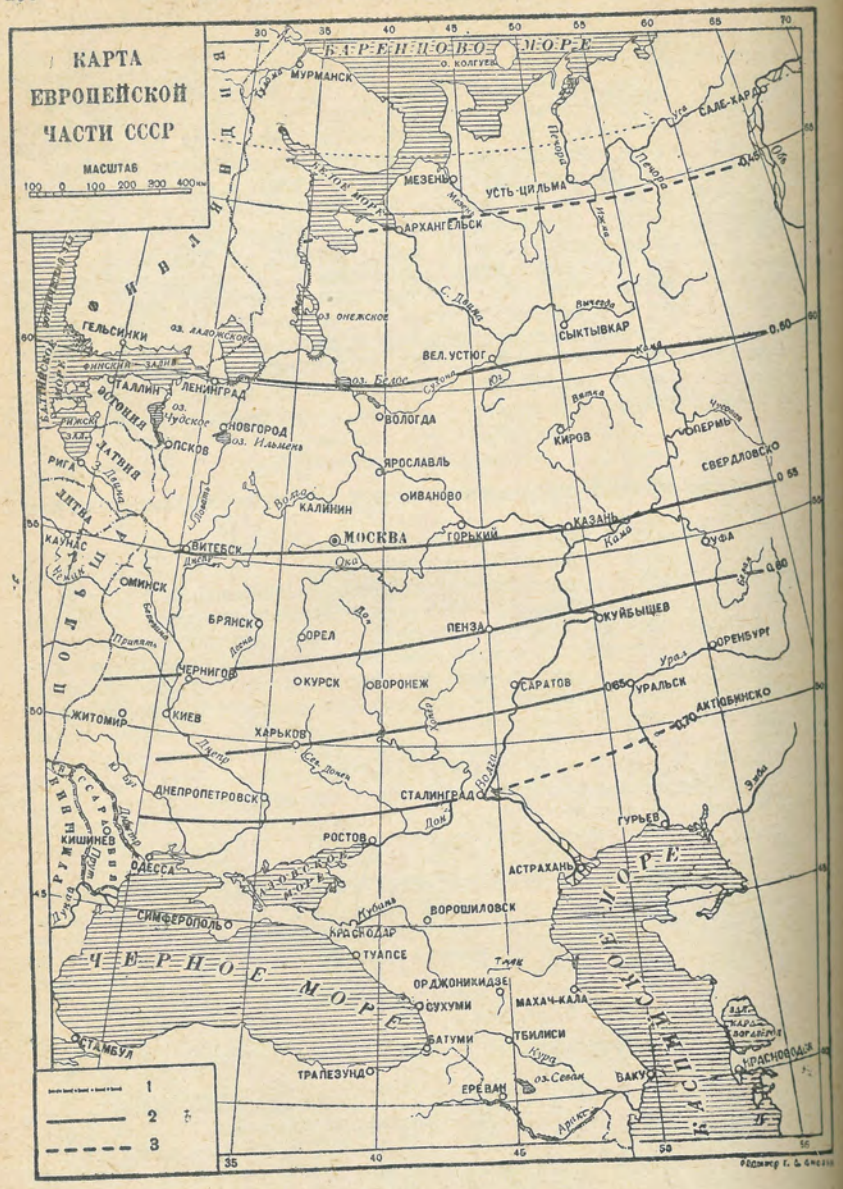
Многочисленные работы по обследованию гидрологического режима отдельных бассейнов позволили в настоящее время произвести некоторый анализ и обобщение для данных непосредственных наблюдений. В этом отношении попытка установления связи между C_v и площадями бассейнов сделана инж. Г. П. Ивановым, и им же произведено нанесение изолиний для коэфициента несимметрии C_s на карту европейской части Союза. Общий вывод, к которому пришел инж. Иванов, заключается в том, что: 1) коэфициент вариации уменьшается с возрастанием площади бассейна, 2) коэфициенты несимметрии возрастают в направлении от севера к югу, и примерными пределами изменения этого коэфициента будут значения: для северного района — 0,40—0,60, среднего — 0,60—0,80 и южного — 0,80—1,30. Зная район реки и установив интерполяцией между изолиниями коэфициент C_s, на графике зависимости между C_v и F (площадью бассейна), находится та кривая, на которой значится соответствующий коэфициент несимметрии.

Инж. Д. Л. Соколовский, произведя сопоставление коэфициентов вариации C_v для 24 бассейнов рек европейской части Союза, выразил эмпирически зависимость C_v от переменного климатического параметра и от площади бассейна в км². Зависимость эта следующая (рис. 20):

$$C_v = a - 0{,}063\lg(F+1).$$

Климатическая переменная a нанесена им на карту и имеет в общем долготное направление.

Так: 1) a=0,45 проходит по параллели 65° с. ш.; 2) a=0,50 по 60° с. ш.; 3) a=55 — в направлении Витебск — Казань, опускаясь в средней части несколько южнее Москвы, Владимира и Горького; 4) a=0,60 проходит через Чернигов, Тамбов и Куйбышев; 5) a=0,65 — через Харьков — Уральск и 6) a=0,70 — немного южнее Днепропетровска на Сталинград. Для лучшей ориентировки при выборе коэфициента приводим данные, почерпнутые у инж. Соколовского, которые послужили ему материалом для проведения изолинии для a и для вывода вышеупомянутой формулы.



1 ——·—·— Государственная граница.
2 ——— Изолинии коэфициента «*a*» в формуле Д. Л. Соколовского.
3 – – – Изолинии коэфициента «*a*» в формуле Д. Л. Соколовского—предположительно.
Цифры показывают коэфициенты стока.

Рис. 20. Карта европейской части СССР с показанием изолиний коэфициента *a* по формуле Д. Л. Соколовского.

№ по порядку	Наименование бассейна	Пункт	Число лет наблюдения	Площадь бассейна	Средняя норма стока л/сек.	Климатическ. коэфициент	Примечания
1	Свирь	Пиркинички	42	69 300	9,8	0,48	I — Мста между Уверью и Березаем; II — Мста между Веребьем и Уверью; III — Мста между Веребьем и Березаем.
2	Сандалка	Исток	12	1 100	8,1	0,40	
3	Выг	Надвойцы	9	18 050	9,3	0,448	
4	Волхов	Гостинополье	44	76 000	7,6	0,540	
5	Волга	Ярославль	36	162 000	7,2	0,549	
6	»	Вязовые	10	625 000	5,9	0,526	
7	Мста	I	16	4 070	8,7	0,540	
	»	II	16	6 080	10,3	0,516	
	»	III	—	10 150	9,6	0,529	
8	Ижора	Колпино	9	—	7,0	0,512	
9	Унжа	Макарьев	9	18 250	6,5	0,507	
10	Чусовая	Копчик	44	10 700	7,4	0,527	
11	Клязьма	Павлов. Посад	10	5 300	4,8	0,540	
12	»	Усады	5	7 680	6,7	0,539	
13	Москва	Павшино	35	7 350	6,8	0,548	
14	Ока	Калуга	30	54 000	5,0	0,521	
15	»	Орел	13	420	4,1	0,583	
16	Сож	Гомель	14	38 000	5,6	0,579	
17	Днепр	Киев	32	336 000	4,35	0,661	
18	»	Лоцм. Каменка	46	466 000	3,4	0,605	
19	Сев. Донец	Переездная	35	51 200	2,2	0,647	
20	Оскол	Купянск	6	12 650	2,4	0,641	
21	Дон	Калач	46	226 000	3,2	0,665	
22	Южный Буг	Александровка	14	46 000	1,9	0,686	
23	Миус	Матвеев Курган	6	5 720	1,7	0,682	
24	Салгир	Симферополь	11	323	3,8	0,792	

§ 15. Методы расчета характерных расходов реки

Наиболее важными при гидротехническом проектировании являются максимальные и минимальные расходы реки. Установление предельных наибольших и наименьших расходов в данном месте реки представляет одну из важнейших задач гидрологии, так как с этим вопросом связывается, с одной стороны, правильное назначение размеров отверстий для пропуска воды в гидротехнических сооружениях, а с другой стороны, наименьшими расходами определяется минимальная мощность гидроустановок, допустимое потребление воды для целей водоснабжения, предельное срабатывание водохранилищ и т. п.

Весьма редко реки оказываются настолько изученными, что на них измерениями захвачена полная амплитуда расходов, в большинстве же случаев поставленный вопрос приходится решать приближенно, прибегая для этого к разнообразным методам в зависимости от обстоятельств.

1. Расчеты максимальных расходов воды

Под максимальными расходами следует понимать такие расходы, которые имеют редкую повторяемость и являются результатом наиболее интенсивного снегового, ледникового или ливневого питания.

Наиболее простым случаем установления максимумов будет тот, для которого имеется кривая расходов для значительной амплитуды горизонтов и оказывается допустимой, по условиям однообразного строения живого сечения русла, экстраполяция кривой до предельных уровней, наблюдавшихся в реке за длительный период наблюдений. В действительности по недостатку данных обычно этот метод исчисления наибольших расходов неосуществим, и тогда прибегают к эмпирическим зависимостям, проверенным по смежным бассейнам либо по целым районам, либо, используя наличный материал высоких паводковых расходов, определяют предельные значения максимальных расходов по теории вероятностей (метод Фостера и др.).

а) **Косвенные методы определения максимальных расходов.** Как правило, надо признать необходимым предварительное установление наивысших горизонтов, которые по возможности определяются если не непосредственными наблюдениями, то хотя бы из опросных данных.

При наличии наивысшего горизонта и промеров живого сечения до пределов высоких вод, данных о шероховатости ложа реки при прохождении паводков и сведений о поверхностном уклоне способ Меттлера дает удовлетворительные результаты. Он подробно разобран выше.

б) **Эмпирические формулы.**

1. **Формулы Кочерина** для снеговых вод.

Названным автором были обработаны материалы по 178 пунктам на реках Союза, которые и позволили ему выразить зависимость наибольшего расхода рек от площади их бассейна и географического положения для 8 районов. Влияние различных почвенных условий Кочериным не учитывается ввиду мерзлого состояния грунта весной.

Что касается растительного покрова, то заметное влияние его на смягчение максимума талых вод оказывают лишь леса, влияние которых учитывается соответственным коэфициентом в формулах по географическим районам.

В качестве характеристики максимальных расходов принимаются их модули, выражающие число кубических метров в секунду с 1 км² площади бассейна *, причем формулам дается следующий общий вид:

$$q_{max} = \frac{a}{\omega^n} - в.$$

Для отдельных районов формулы характеризуются следующими численными коэфициентами:

1. Северный район (3)** $q_{max} = \frac{1,43}{\omega^{0,112}} - 0,28$
2. Северо-восточный район (4) $q_{max} = \frac{1,66}{\omega^{0,123}} - 0,26$
3. Унженско-Ветлужский район (5) $q_{max} = \frac{1,68}{\omega^{0,143}} - 0,28$
4. Северное Заволжье (5-а) $q_{max} = \frac{2,06}{\omega^{0,144}} - 0,28$
5. Московский район (5-в) $q_{max} = \frac{2,82}{\omega^{0,148}} - 0,42$
6. Западный район (7) $q_{max} = \frac{2,88}{\omega^{0,236}} - 0,13$
7. Средняя полоса (лесостепь) (6) $q_{max} = \frac{3,35}{\omega^{0,235}} - 0,15$
8. Юг и юго-запад (9) $q_{max} = \frac{3,57}{\omega^{0,28}} - 0,07$

Переменные параметры a, $в$ и n изменяются на территории европейской части Союза, по указанию Кочерина, достаточно последовательно, почему для промежуточных областей он рекомендует производить их интерполяцию. Более точное оконтуривание вышеупомянутых районов представлено на карте (рис. 20).

Различные почвенные условия при использовании вышеприведенных формул, как сказано выше, не учитываются. Рельеф также в малой степени изменяет нормы талых вод, вследствие относительной медленности сбегания вод по сравнению с ливнями. Однако, имея в виду, что формулами даются предельные значения расходов талых вод, Кочерин находит необходимым в следующих случаях вводить коэфициент понижения для норм максимального стока:

а) при болотной равнине и плоской степи коэфициент $\delta = 0,70$;

б) при слабой волнистой равнине $\delta = 0,85$.

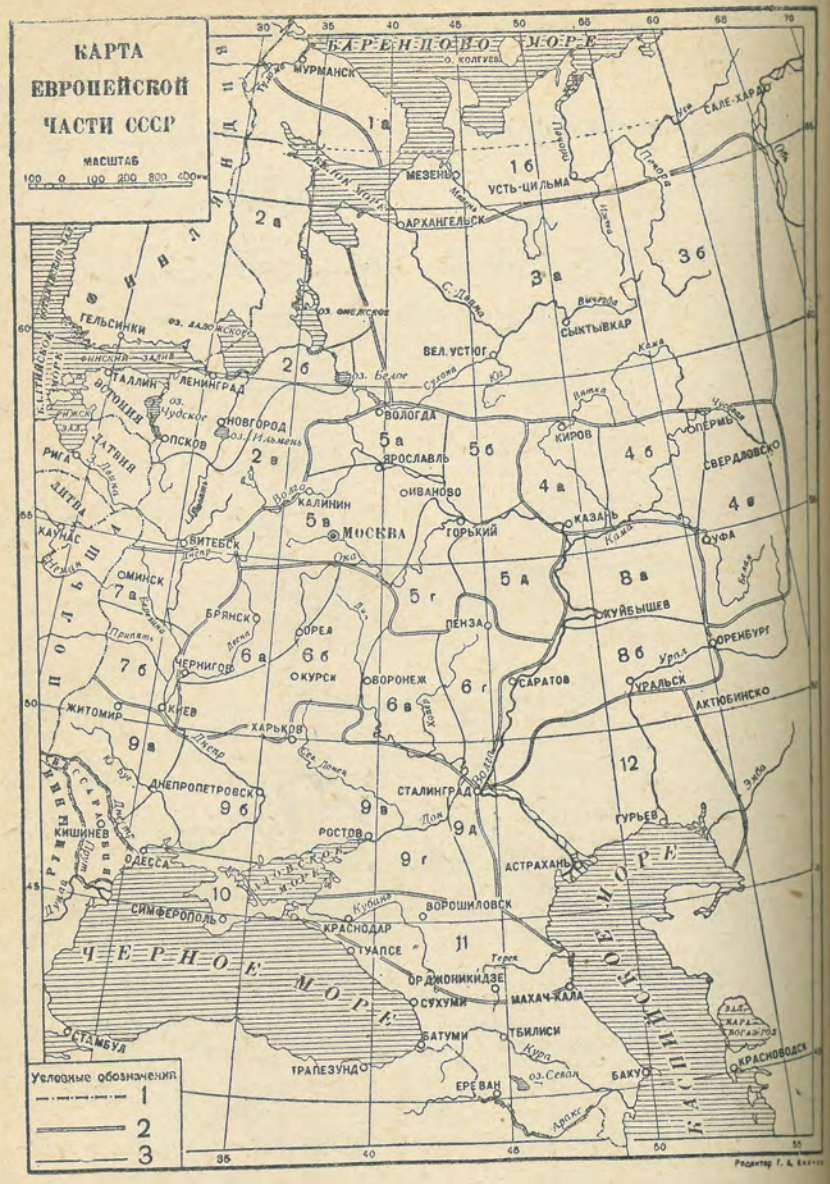
В остальных же случаях рельефа δ принимается равным 1. Лесной покров сказывается замедляющим образом на сток, почему для этого случая также вводится коэфициент уменьшения $\beta = 1 - 0,3\,\gamma$,

где γ — примерная относительная лесистость данного района. Например, при 60% лесистости $\beta = 1 - 0,3.0,6 = 0,82$.

Наименьшее значение коэфициента $\beta = 0,70$ принимается при 100% лесистости ($\gamma = 1$).

* Этот модуль, как видно, отличается от модуля годового и многолетнего стока, выражавшегося в литрах в секунду с 1 км² площади водосбора.

** Нумерация в скобках по обозначению Кочерина.



1 ——·——·—— Государственная граница.
2 ═══ Границы областей с определенной гидрологической характеристикой.
3 ——— Границы районов внутри областей.
Цифры показывают условную нумерацию областей.

Рис. 21. Карта европейской части СССР с нанесением границ районов и областей при установлении максимальных расходов по Кочерину.

Согласно предыдущему общий вид формулы для модуля будет:

$$q'_m = q_m \delta \cdot \beta, \tag{22}$$

где модуль q_m берется из вышеприведенных формул в соответствии с районом.

Однако, коэфициенты δ и β Кочерин распространяет лишь на реки с малыми бассейнами, не свыше 2 000—5 000 км². Для больших бассейнов уменьшения норм не вводится, т. е. δ и β принимаются равными единице.

Для составления предыдущих формул Кочерин использовал материал наблюдений примерно за промежуток времени 35—40 лет, но несмотря на столь продолжительный период на результаты, даваемые ими, можно смотреть лишь как на первое приближение для ориентировочных выводов. Фактическим материалам измерений паводковых расходов на данной реке следует придавать особо важное значение, но обычно они немногочисленны, и было бы трудно установить при этих условиях, в какой мере имеющиеся расходы приближаются к предельным, если для того же района не имеется аналогий с большим циклом наблюдений.

2. **Формулы, учитывающие вероятность расходов.** Имеется целый ряд формул, которые. позволяя использовать наличный материал, в то же время дают возможность предуказать паводковые максимумы с последовательно возрастающей точностью, зависящей от числа наблюдений.

а) Формула У. Фуллера:

$$Q_{max} = Q_{ср\,м}(1 + 0{,}8 \lg T) = Q_{ср\,м}\lambda, \tag{23}$$

где Q_{max}—максимальный расход, повторяющийся 1 раз за T лет, $Q_{ср\,м}$ — расход средний из годовых максимальных.

Та же формула встречается в другом виде:

$$Q_{max} = CF^{0,8}(1 + 0{,}8 \lg T)(1 + 1{,}5 F^{-0,3}), \tag{24}$$

где Q_{max} — максимальный расход куб. м/сек.; C — коэфициент, зависящий от местных условий; F — площадь в бассейне в кв. километрах; T —число лет наблюдений, или период, в течение которого максимальный расход должен повториться 1 раз.

б) Формула Кригера:

$$Q_{max} = CF^{0,5}\left[\frac{2 - e^{-0,01F^{0,3}}}{3}\left(1 - \frac{\lg 0{,}1T}{3}\right) + \frac{\lg 0{,}1T}{3}\right],$$

где Q_{max} — максимальный расход в куб. м/сек.; C — коэфициент, зависящий от местных условий; e — основание натуральных логарифмов (e= =2,7183); F — площадь бассейна в кв. километрах. Местные характеристики, определяемые коэфициентами, выясняются из формул предварительной подстановкой в них имеющихся непосредственных наблюдений за период T лет.

в) Формула Коревицкого*.

Вывод этой формулы основан на теории вероятностей, и способ, служащий для нахождения предельного максимального расхода, назван автором «предельным правилом трех сигма»**.

Формула эта имеет следующий вид:

$$Q_{пред} = Q_0 + \sigma(Q_0) + 3\{\sigma(Q) + \sigma[\sigma(Q)]\}, \tag{25}$$

* Л. Коревицкий. Опыт применения предельного правила трех сигма для определения максимально возможного расхода воды. „Вестник ирригации", № 1, 1928.

** Сигма σ — буква греческого алфавита.

где Q_0 — среднеарифметический расход из числа измеренных максимальных; σ — обозначение среднего квадратичного отклонения, именно, если измерены паводковые расходы Q_1, $Q_2 \ldots Q_n$ и найдем среднеарифметический из них Q_0, то может быть составлено выражение:

$$\sigma^2(Q) = \frac{(Q_0 - Q_1)^2 + (Q_0 - Q_2)^2 + \ldots (Q_0 - Q_n)^2}{n} = \frac{1}{n}\sum_1^n (Q_0 - Q_l)^2,$$

откуда:

$$\sigma(Q) = \sqrt{\frac{1}{n}\sum (Q_0 - Q_l)^2}. \qquad (26)$$

Выражение, стоящее в правой части равенства, будет средним квадратичным отклонением, $\sigma(Q)$ — условное обозначение этого выражения, а n — число членов или известных нам наивысших расходов, измеренных в различные годы. Остальные символы нашей формулы имеют следующее значение:

$$\sigma(Q_0) = \frac{\sigma(Q)}{\sqrt{n}};$$

$$\sigma[\sigma(Q)] = \frac{\sigma(Q)}{\sqrt{2n}}.$$

Пример. Рассмотрим применение вышеприведенных формул на примере.

Допустим, измерены следующие максимальные расходы на реке Гизельдон:

1925 г. $Q_1 = 19$ м³/сек, 1926 г. $Q_2 = 22$ м³/сек, 1927 г. $Q_3 = 23$ м³/сек, 1928 г. $Q_4 = 27$ м³/сек и 1929 г. $Q_5 = 44$ м³/сек.

Расположив их в убывающем порядке, произведем необходимые нам действия (табл. стр. 257).

Таким образом, на основании имеющихся пяти данных непосредственных измерений теоретический предельный расход по правилу трех сигма не должен превышать кругло 66 куб. м/сек. Вообще же говоря, пятилетний период для использования приемов математической статистики недостаточен, нужно было бы иметь большое число данных для уточнения результатов.

Применяя формулу Фуллера для определения вероятных наивысших расходов для р. Гизельдон у сел. Кобани ($F = 168{,}7$ км²), мы сначала определим в ней коэфициент C, который получится из уравнения (24) после подстановки в него известных нам величин. За 5-летний период, как видно из предыдущего, $Q_{\text{пред}} = 44$ м³, поэтому имеем:

$$44 = C \cdot 168{,}7^{\,0,8}\,(1 + 0{,}8 \lg 5)\,(1 + 1{,}5 F^{-0,3})$$

$$168{,}7^{\,0,8} = 60{,}49; \qquad 168^{-0,3} = 0{,}215; \qquad \lg 5 = 0{,}70$$

$$44 = C \cdot 60{,}49 \cdot 1{,}56 \cdot 1{,}32$$

$$C = 0{,}35$$

Применяя найденное C для 50-, 100- и 1000-летнего периодов, получим вероятные наивысшие для них расходы:

Число членов	Q	Ср. $Q = Q_0$	Отклонение $Q_0 - Q$	Отклонение $(Q_0 - Q)^2$	$\sigma(Q)$	$\sigma(Q_0)$	$\sigma[\sigma(Q)]$	A	B	$Q_{\text{пред}}$	Примечание
1	44	27	−17	289	$\sqrt{\frac{394}{5}}$	$\frac{\sigma(Q)}{\sqrt{n}}$	$\frac{\sigma(Q)}{\sqrt{2n}} = \frac{8{,}86}{\sqrt{10}}$				$A = Q_0 + \sigma(Q_0)$
2	27		0	0		$\frac{8{,}86}{\sqrt{5}}$		30,94	11,66	65,92	$B = \sigma(Q) + \sigma[\sigma(Q)]$
3	23		+4	16							$Q_{\text{пред}} = A + 3B$
4	22		+5	25							
5	19		+8	64							
Сумма . . .	135	—	0	394	—	—	—	—	—	—	
Итого		27			8,86	3,94	2,80	30,94	11,66	65,92	

1) $T = 50$ лет;
$Q_{max} = 0{,}35 \cdot 60{,}49 \cdot 2{,}36 \cdot 1{,}32 = 28 \cdot 2{,}36 = 66$ м³/сек.
2) $T = 100$ лет; $Q_{max} = 28 \cdot 2{,}60 = 73$ м³/сек.
3) $T = 1000$ лет; $Q_{max} = 28 \cdot 3{,}40 = 95$ м³/сек.

По формуле $Q_{max} = Q\,(1 + 0{,}8\ \lg T)$ мы имели бы

1) $T = 50$ лет; $Q_{max} = 27 \cdot 2{,}36 = 63{,}5$ м³/сек.
2) $T = 100$ лет; $Q_{max} = 27 \cdot 2{,}60 = 70$ м³/сек.
3) $T = 1000$ лет; $Q_{max} = 27.3{,}40 = 92$ м³/сек.

Цифры для T=50 лет дают хорошую сходимость с формулой Коревицкого.

в) **Наибольшие ливневые расходы.** В некоторых случаях при разрешении вопроса о размерах максимальных паводков необходимо иметь критерий о том, преобладают ли в данной местности паводки снеговые или ливневые и при каких условиях можно ожидать превышения последних над первыми.

Данные по изучению условий прохождения высоких вод позволяют в настоящее время остановиться на следующей общей характеристике.

На севере, северо-востоке и северном Заволжье максимумы талых вод превалируют над ливневыми даже для весьма небольших бассейнов порядка 3—5 км². При передвижении к югу могут быть отмечены значительно большие водосборы, дающие уже максимумы ливневые. В частности в Московском районе, севернее Москвы, наблюдались максимальные паводки при площади бассейна 15—20 км², а на широте Оки (Серпухов — Рязань) даже на площади до 50 км². Что касается южной полосы европейской части, а именно в Донецком и Пологовском районах, то здесь преобладание ливневых максимумов обнаруживается уже на площадях 1 500—2 000 км² (например р. Конка).

1. Метод Кочерина.

Для определения максимального стока в южной полосе СССР Кочерин* дает следующие зависимости величины модуля q_m куб. м/сек. от площади бассейна ω кв. километров:

$$\text{I)}\ q_m = \frac{35{,}8}{\omega^{0{,}458}} - 0{,}8$$

$$\text{II)}\ q_m = \frac{214}{(\omega + 7{,}3)^{0{,}85}}$$

и для ливневого стока в Крыму:

$$\text{I)}\ q_m = \frac{57{,}5}{(\omega + 1{,}35)^{0{,}76}}$$

$$\text{II)}\ q_m = \frac{31{,}53}{\omega^{0{,}488}} - 1{,}53$$

Последняя формула признается ее автором как дающая результаты, худшие предыдущей.

Сравнивая выводы обоих типов паводков — снеговых и ливневых, Кочерин отмечает характерную их особенность. В то время как снеговые паводки сохраняют для больших площадей бассейнов более или менее постоянную зависимость, пропорциональную кругло степени 0,5 (корень

* Д. И. Кочерин. Нормы наибольших расходов снеговых паводков в европейской части Союза ССР. Гидротехн. сборник, № 1, 1929 г.

квадратный) от площади, а для малых площадей пропорциональность выражается от севера к югу в пределах показателя степени 0,85—0,70, максимумы паводков при больших площадях мало зависят от размера площади (степень 1), а при малых водосборах пропорциональны корню квадратному из площади.

2. Формула Кестлина-Николаи.

Для быстрого определения максимума ливневых паводков с малых бассейнов при расчете мостиков и труб известны формулы Кестлина и Николаи, применявшиеся до 1928 г. на железных дорогах.

Формула Кестлина имеет вид:

$$Q = C\alpha F = 16\alpha F, \qquad (27)$$

где Q — расход в куб. м/сек.; $C = 16$ — расход в куб. м/сек. с 1 км²; F — площадь бассейна в кв. километрах; α — коэфициент, зависящий от длины бассейна.

Длина бассейна (в км)	0—3,7	3,7—7,5	7,5—11,2	11,2—14,9	14,9—18,6
Значения α	0,5	0,375—0,25	0,187	0,125—0,0625	0,0625

Влияние уклона лога учитывалось понижением расхода вдвое для всех бассейнов с уклонами $i < 0{,}005$. В связи с различными климатическими условиями районов и данных практики эксплоатации сооружений было признано возможным в свое время изменить основной коэфициент C=16 куб. м/сек. и принять его в следующем виде. (По наблюд. инж. Н. Е. Долгова.)

для севера	$C = 8$
для Москвы	$C = 12$
для Орла	$C = 16$
для юго-запада	$C = 24$
для Черноморского побережья	$C = 32$
для Астрахани	$C = 8$

Уточнение формулы Кестлина предложено проф. Л. Ф. Николаи, который ввел в нее добавочный множитель β, зависящий от уклона лога, так что расход по ней выражается:

$$Q = 16\alpha\beta F \text{ куб. м/сек.}$$

Значения α и β находим из следующих таблиц:

Таблица коэфициента α

Длина бассейна L	0,5	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Коэфициент α	1	0,93	0,771	0,483	0,348	0,242	0,209	0,175	0,142	0,109	0,075

Таблица множителя β

Уклон i	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010	0,015	0,020	0,050
Множитель β	0,188	0,250	0,313	0,375	0,500	0,688	1,017	1,300	1,325	1,350	1,500

3. Нормы НКПС. В 1928 г. Научно-технический комитет при НКПС разработал новые нормы для расчета притока воды к малым искусственным сооружениям, оставив внешний вид формулы в прежнем виде:

$$Q = CaF$$

В этой формуле:

а) учитываются климатические условия данного района посредством карты изолиний для коэфициента C;

б) исправляется значение коэфициента α с устранением недостатка, по которому в отдельных случаях сток с целого бассейна оказывался меньше стока с его части (пример: при прямоугольном бассейне длиной 20 км и площади 80 км² с уклоном 0,005 по формуле 16 $\alpha\beta F$ оказывается $16\times0{,}067\times0{,}5\times80=40$ куб. м/сек., а при длине 10 км, площади 40 км² и том же уклоне $16\times0{,}209\times0{,}5\times40=67$ куб. м/сек.);

в) исправлено значение α (смягчено увеличение притока для коротких и крутых бассейнов);

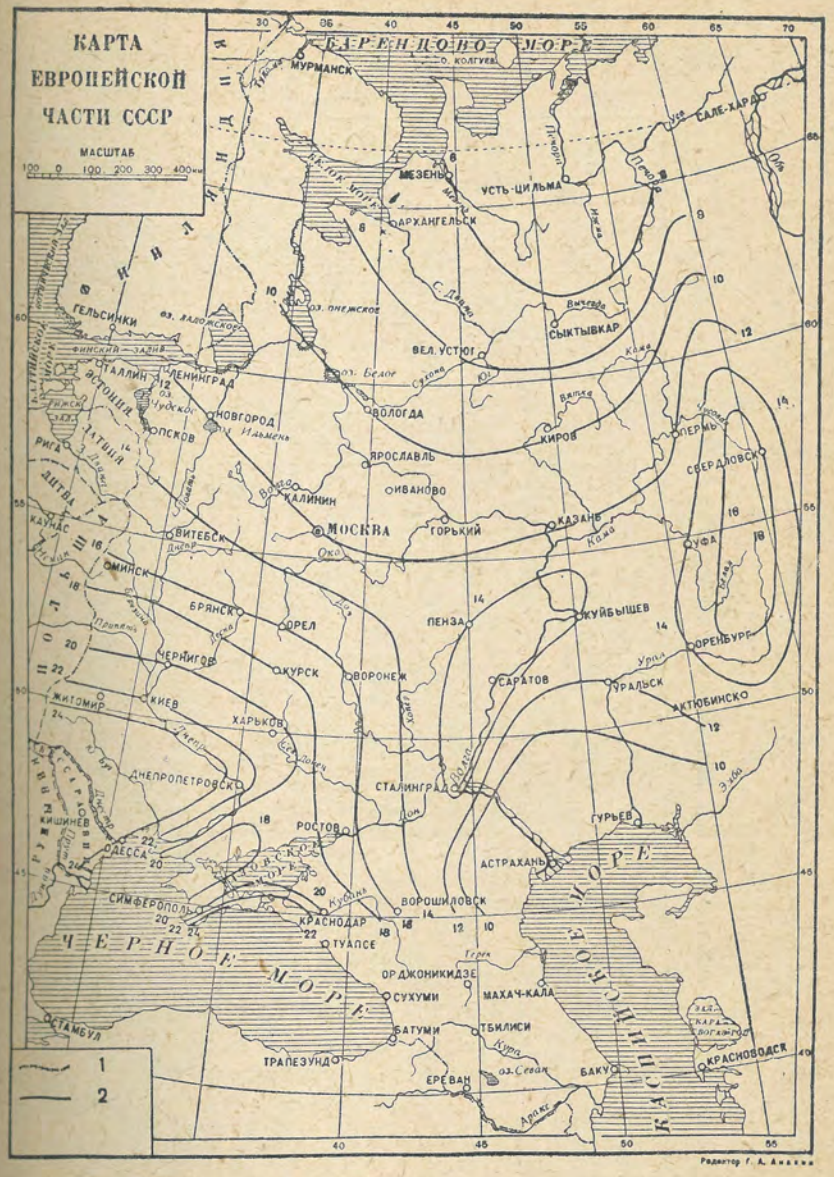
г) расчетная величина притока воды уменьшается при исключительно проницаемых почвах и увеличивается при исключительно непроницаемых, а именно: уменьшение должно быть не более 50% при исключительных условиях, т. е. при сильно проницаемых почвах, покрывающих большую часть площади бассейна, например: 1) при сыпучих сухих песках с мощностью их залегания не менее 1 м; 2) при рыхлых осыпях из щебня и гальки; 3) при сильно трещиноватых известняках и гипсах. При этом должно быть учтено влияние промерзания почвы на сток в периоды выпадения ливней.

Уменьшение стока допускается также не более чем на 20% для бассейнов свыше 20 км², покрытых на большей части площади лесом. Обратно, повышение расчетной величины стока не более 30% допускается при особо неблагоприятных условиях, способствующих увеличению стока, когда грунт на большей части площади бассейна состоит из непроницаемых пород, а именно: а) при сплошной скале из массивных кристаллических пород, при отсутствии трещин или при наличии их в небольших размерах, не могущих оказать влияния на величину стока; б) при жирной глине; в) при наличии вечно мерзлой подпочвы, способствующей при оттаивании верхнего слоя увеличению стока. Вышеуказанные повышения и понижения стока должны быть при этом оправданы непосредственными изыскательскими материалами *.

Для пользования формулами приложены карты изолиний коэфициента C по европейской части Союза (рис. 22) и отдельно для Кавказа. Последняя является лишь пока ориентировочной и подлежит в дальнейшем уточнению.

Для промежуточных значений длины бассейна и уклона интерполяция коэфициента α не делается, а значение его берется из таблицы для ближайших величин длины бассейна и его уклона.

* Нормы притока ливневых вод к искусственным сооружениям НТК НКПС. Вып. № 86, 2-й сборник, 1928.



1 — · — · Государственная граница.
2 ——— Изолинии коэфициента C.
Цифры показывают величину коэфициента C.

Рис. 22. Карта изолиний коэфициента C европейской части СССР.

В нижеследующих таблицах приведены значения коэфициента α для двух случаев:

1) при величине $C \leqslant 12$ и 2) при $C > 12$

Значение α при $C \leqslant 12$

Длина бассейна L км \ Уклон i	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010	0,01 5	0,020	0,050	0,100
0	0,200	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,800	1,000	1,100	1,150	1,200	1,250
1	0,180	0,225	0,270	0,360	0,450	0,540	0,720	0,900	0,990	1,035	1,080	1,125
2	0,150	0,188	0,225	0,300	0,375	0,450	0,600	0,750	0,825	0,863	0,900	0,938
3	0,110	0,138	0,165	0,220	0,275	0,330	0,440	0,550	0,605	0,633	0,660	0,688
4	0,083	0,104	0,135	0,180	0,225	0,270	0,360	0,450	0,495	0,518	0,340	0,563
5	0,066	0,083	0,108	0,144	0,185	0,222	0,296	0,370	0,407	0,426	0,444	0,463
6	0,055	0,069	0,090	0,120	0,154	0,185	0,254	0,317	0,349	0,365	0,380	0,396
7	0,047	0,059	0,077	0,103	0,132	0,159	0,218	0,272	0,308	0,322	0,336	0,350
8	0,041	0,052	0,068	0,090	0,116	0,139	0,191	0,238	0,270	0,282	0,300	0,313
10	0,033	0,041	0,054	0,072	0,093	0,110	0,152	0,190	0,216	0,225	0,240	0,250
12	0,028	0,035	0,045	0,060	0,077	0,093	0,127	0,159	0,180	0,188	0,200	0,209
14	0,024	0,030	0,039	0,051	0,066	0,079	0,109	0,136	0,154	0,161	0,171	0,179
16	0,021	0,026	0,034	0,045	0,058	0,069	0,095	0,119	0,135	0,141	0,150	0,157
18	0,018	0,023	0,030	0,040	0,051	0,062	0,085	0,106	0,120	0,125	0,133	0,139
20	0,017	0,021	0,027	0,036	0,046	0,056	0,076	0,095	0,108	0,113	0,120	0,125

Значения α при $C > 12$

Длина бассейна L км \ Уклон i	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010	0,015	0,020	0,050	0,100
0	0,200	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,800	1,000	1,100	1,150	1,200	1,250
1	0,180	0,225	0,270	0,360	0,450	0,540	0,720	0,900	0,990	1,035	1,080	1,125
2	0,150	0,188	0,225	0,300	0,375	0,450	0,600	0,750	0,825	0,863	0,900	0,938
3	0,110	0,138	0,165	0,220	0,275	0,320	0,440	0,550	0,605	0,633	0,660	0,688
4	0,090	0,113	0,135	0,180	0,225	0,270	0,360	0,450	0,495	0,518	0,540	0,563
5	0,074	0,093	0,111	0,148	0,185	0,222	0,296	0,370	0,407	0,426	0,444	0,463
6	0,063	0,079	0,095	0,127	0,159	0,190	0,254	0,317	0,349	0,365	0,380	0,396
7	0,056	0,070	0,084	0,112	0,140	0,168	0,224	0,280	0,308	0,322	0,336	0,350
8	0,050	0,063	0,075	0,100	0,125	0,150	0,200	0,250	0,275	0,288	0,300	0,313
10	0,042	0,053	0,063	0,084	0,105	0,126	0,168	0,210	0,231	0,242	0,252	0,263
12	0,035	0,046	0,055	0,073	0,092	0,110	0,146	0,183	0,201	0,210	0,220	0,229
14	0,030	0,039	0,049	0,066	0,082	0,098	0,131	0,164	0,180	0,189	0,197	0,205
16	0,026	0,035	0,043	0,060	0,075	0,090	0,120	0,150	0,165	0,173	0,180	0,188
18	0,023	0,031	0,038	0,053	0,068	0,082	0,109	0,136	0,150	0,156	0,163	0,170
20	0,021	0,028	0,034	0,048	0,061	0,075	0,100	0,125	0,138	0,144	0,150	0,156

Что касается интерполяции коэфициента C по изолиниям, то таковая определяется с точностью до целых единиц.

Формула НКПС применяется при площадях бассейна не свыше $4C$ км²; если же $C<15$, максимальная площадь бассейна до 60 км².

Приведенные выше формулы в основном предполагают выпадение дождей известной силы. Так, например, коэфициент C в формуле Кестлина—Николаи подсчитан из ливня, давшего 9,6 мм в течение 10 минут, что дает $9{,}6 : 10 \times 60 = 0{,}016$ мм/сек.$=0{,}000016$ м/сек, или 16 куб. м/сек. с 1 км² площади.

В 1931 г. Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства под руководством М. М. Протодьяконова разработал две формулы для определения расхода ливневых вод. Первая из них:

$$Q = 16{,}67\ F\ (ak - i),$$

где Q — наибольший расход ливневых вод куб. м/сек.,

F — площадь бассейна км²,

a — максимальная интенсивность дождя мм/мин. при продолжительности его, дающей наибольшее значение расхода,

k — климатический коэфициент,

i — интенсивность впитывания воды почвой.

Величины a и k определяются по формулам:

$$a = \frac{5}{1 + 0{,}06},$$

$$k = \frac{M_1}{136} + \frac{M_2}{66}.$$

При этом M_1 — наибольшее значение суточного количества дождевых осадков, наблюдавшихся на ближайших метеорологических станциях (желательно в течение 30 лет и не менее 15 лет).

M_2 — среднее арифметическое из взятых по отдельным годам максимумов суточных количеств дождевых осадков, наблюдавшихся в данной местности за возможно больший период времени.

Интенсивность дождя a зависит от его продолжительности; последнюю принимают равной продолжительности стекания воды по бассейну и определяют по формуле:

$$t = 16{,}67 \left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} \right),$$

где l_1 (км) и v_1 (м/с) путь и скорость стекания по логу, а l_2 и v_2 по склонам.

Для вычисления v_1 и v_2 даются в свою очередь особые формулы.

Вторая формула имеет вид: $Q = 40\ m_1, m_2, m_3, m_4$, где коэфициенты m зависят: m_1 — от расчетной ширины бассейна (км), m_2 — от уклона лога, m_3 — от климатического коэфициента, m_4 — от величины $\frac{i}{k}$, которая названа Протодьяконовым приведенной интенсивностью впитывания *.

Следует упомянуть также формулы, выработанные Украинским научно-исследовательским институтом с.-х. мелиорации для степной полосы Украины, АМССР, Криворожья, Донбасса.

---

* Подробнее см. О. С. Шестопал. Гидрология и гидрометрия. Москва — Ленинград, 1933 г., стр. 67—75.

Формулы эти следующие:

$$q = \frac{20{,}26}{F^{0{,}671}} \quad \text{при} \quad F < 3{,}3 \text{ км}^2,$$

$$q = \frac{8{,}062}{(F - 2{,}66)^{0{,}188}} \quad \text{при} \quad 3{,}3 \leqslant F \leqslant 20 \text{ км}^2,$$

$$q = \frac{3{,}152}{F^{0{,}152}} \quad \text{при} \quad F > 20 \text{ км}^2.$$

В предыдущих формулах q — максимальный модуль стока куб. м/сек. на 1 км², F — площадь бассейна в кв. километрах.

При пользовании эмпирическими формулами следует иметь в виду, что подобные формулы не могут предусмотреть всех возможных случаев, имеющих место в природе.

Применяя их, следует помнить, что они дают лишь приближенное решение. Если могут быть найдены фактические материалы измерений, то на основе их должны быть предварительно проверены принимаемые для расчета формулы и результаты, даваемые разными формулами, и критически сопоставлены между собой.

2. Расчеты наименьших расходов

Установление наименьших расходов представляет собой крайне важную задачу при разрешении вопросов использования водного источника для технических целей, так как этим самым определяется нижний предел его мощности.

Однако, определение вышеупомянутого минимума сопряжено с довольно значительными трудностями в тех случаях, когда не производилось регулярных измерений расходов в течение особо маловодных лет.

Даже при длительности водомерных наблюдений и наличии кривой расходов для известных пунктов реки простое экстраполирование кривой до низких наблюденных уровней (в период отсутствия ледяного покрова) может привести иногда к существенным неправильностям, дающим отклонение, например, при наличии изменяемого русла до 100 и более процентов от действительности. Обычно же в условиях нашего климата наименьшие расходы наблюдаются на реках зимой, т. е. в период отсутствия поверхностного стока и действия лишь одного грунтового. Базироваться на уровнях для определения расходов в это время было бы еще более неправильно, так как уровни искажаются ледяным покровом и зажорными явлениями.

Таким образом, указать вполне надежные способы для установления наименьших расходов затруднительно, кроме пути их непосредственного измерения.

В тех случаях, когда почему-либо приходится составлять соображения до получения фактического материала, целесообразно прибегать к методу аналогий, используя для этого данные по рекам, находящимся в сходных с рассматриваемой рекой физико-географических условиях.

Д. И. Кочерин собрал в этой части довольно обширный фактический материал, систематизированный им по девяти отдельным районам *, причем материал дан в трех видах: а) в виде абсолютного расхода, б) в виде модуля (литр/сек.) на 1 км² площади бассейна и в) в виде отношения наименьшего расхода к среднему многолетнему (норме).

---

* Д. И. Кочерин. Низкие и наименьшие расходы рек европейской части СССР. «Труды Московского инст. инженеров транспорта», вып. XI.

Обзор вышеупомянутых данных позволяет сделать несколько обобщающих выводов:

1. Озерные реки, обладающие большими бассейнами, дают наибольшие модули и упомянутые отношения минимальных расходов к норме.

2. У неозерных рек модули и отклонения убывают с уменьшением бассейна.

3. Для мелких рек с бассейнами до 100 км² минимальные расходы падают до нуля как на крайнем севере вследствие их промерзания, так и на юге в летне-осенний период вследствие высыхания. Пересыхание на юге распространяется и на реки с бассейнами до тысячи и более кв. километров.

4. Среднегодовой (средний из низших расходов за ряд лет) от 1,5 до 5 и более раз больше абсолютного минимума и в среднем годовом распределении отвечает расходу, обеспеченному примерно в течение одиннадцати месяцев в году.

За более исчерпывающими сведениями о наименьших расходах надлежит обратиться непосредственно к цифровым данным К о ч е р и н а.

§ 16. Многолетние колебания стока по сезонам года

При разрешении водохозяйственных вопросов, находящихся в связи с использованием водных источников, необходима бывает проверка водного баланса при невыгоднейших условиях притока и потребления воды. Нередко при этом приходится пользоваться данными непосредственных измерений уровней и расходов за весьма краткий период времени.

1. Многолетние колебания стока

Пользуясь аналогиями с соседними источниками и метеорологическими элементами, удается приблизиться к установлению среднего многолетнего мо-

Годовой сток по средним

№ по пор.	Река	Пункт	Период	Ав... I	II
1	Сандалка	д. Сопуха	1911—1924	7,00	6,6
2	Свирь	Пиркиничи	1881—1922	6,85	7,3
3	Мста	Потерпелица	1912—1922	4,80	4,9
4	Волхов	Гостинополье	1877—1924	3,98	3,9
5	Волга	Ярославль	1877—1912	2,12	1,9
6	Волга	Вязовые	1903—1913	1,98	1,7
7	Ока	Орел	1884—1897	1,05	1,2
8	Ока	Калуга	1881—1910	2,20	1,9
9	Днепр	Киев	1887—1908	2,95	2,7
10	Днепр	Лоцм. Каменка	1887—1923	1,55	1,6
11	Южный Буг	Александровка	1913—1924	1,58	2,0
12	Салгир	Симферополь	1913—1924	5,27	5,2

Площади бассейнов рек, упомянутых в таблице:

р. Сандалка, исток — 1 100 км², р. Свирь у с. Пиркиничи — 69 300 км², р. ... Ярославля — 162 000 км², р. Волга у Вязовых — 625 000 км², р. Ока у гор. Калуги у Лоцм. Каменки — 466 000 км², Южный Буг у Каменки — 46 000 км², Салгир у ...

дуля стока и за отдельные годы наблюдений подсчитать и модульные коэфициенты и построить на основании их кривую распределения, дающую ту или иную обеспеченность модуля.

Назначая невыгодные, но в то же время возможные для данной местности сочетания годов разной водности, подсчет водного баланса производят затем по этим годам.

2. Сезонные колебания стока

Нередко сведения по стоку за целый годовой период недостаточны, так как необходимо знать, как распределяется сток по отдельным периодам года и как он балансируется с потреблением в течение этого времени. Само собой, картина баланса будет тем отчетливее, чем меньшие промежутки времени введены в рассмотрение, если одновременно при этом может быть гарантирована и соответствующая точность данных о водоносности. При полных гидрометрических сведениях, обнимающих продолжительные периоды, не встречается затруднения к подсчету стока по месяцам или даже декадам, при малом же количестве данных приходится ограничиваться удлиненными периодами, например целыми сезонами, так как рассмотренные вопросы в таком направлении вводят меньшую погрешность в расчеты, нежели дифференциация по более укороченным периодам.

Отнесение отдельных месяцев к сезону и установление таким образом продолжительности того или иного периода года совершенно субъективно для каждого района и определяется по климатическим признакам, на основании которых даются некоторые определенные промежутки, округляемые нередко до целых месяцев. Обычно к зимнему сезону относится период от момента ледостава до начала весеннего нарастания расходов, к весне — период весеннего паводка, к лету — время от спада весенних вод до начала осенних паводков и, наконец, к осени — от начала паводков до замерзания.

из среднемесячных модулей

...ные модули в литрах в сек. на 1 кв. км

III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднегодовая
6,25	7,30	11,00	11,50	9,75	8,20	7,50	7,05	7,40	7,40	8,10
7,97	10,30	14,40	11,50	11,20	10,80	10,70	10,50	9,20	5,97	9,76
6,60	33,20	12,00	7,80	6,30	3,50	6,80	9,00	8,00	5,30	8,95
4,93	17,33	16,40	11,20	7,78	5,88	5,35	5,45	4,77	4,44	7,55
4,30	29,10	16,10	5,90	4,75	4,42	4,68	5,67	4,44	2,85	7,17
2,72	23,10	17,20	4,87	3,89	3,25	3,35	3,70	2,78	2,43	5,90
21,86	10,10	1,09	1,33	1,17	0,88	0,84	1,00	1,10	0,80	3,60
5,31	25,60	6,78	3,11	3,15	2,13	1,89	2,22	2,70	3,02	5,00
4,02	12,63	13,40	4,40	2,27	1,93	1,67	1,70	2,10	2,47	4,35
3,17	8,42	10,82	4,47	2,21	1,85	1,61	1,58	1,80	1,66	3,42
1,68	4,24	1,62	1,41	1,23	0,95	0,77	0,82	1,16	1,18	2,12
8,55	4,62	7,10	3,14	2,31	2,42	1,16	1,16	1,51	3,38	3,83

...р. Потерпелицы — 10 640 км², р. Волхов у Гостинополья — 76 000 км², р. Волга у гор. ...000 км², р. Ока у гор. Орла — 4 870 км², р. Днепр у гор. Киева — 336 000 км², р. Днепр ...ферополя — 323 км².

Если по данной реке имеются фактические наблюдения, по которым построены гидрографы для характерных лет, многоводного, среднего или маловодного с известной повторяемостью (на основании кривой обеспеченности), то нетрудно вывести посезонное распределение стока, использовав его в дальнейшем для расчетов.

При недостатке сведений непосредственно по рассматриваемому объекту для характерных лет устанавливается процентное соотношение сезонных стоков на более изученной реке соседнего бассейна.

Для ориентировки на стр. 266—267 приведена таблица распределения стока по месяцам.

Литература к главам V и VI

1. Берг Э. Ю. Данные о наиболее выдающихся дождях разной продолжительности за десятилетие 1903—1912 по территории б. Европейской России. Лнг., 1924.
2. Близняк Е. В. Нормы притока ливневых вод к искусственным сооружениям. НТК НКПС № 86. Трансспечать., 1928.
3. Великанов М. А. Гидрология суши. Энергоиздат, 1932.
4. Гельман Я. М. Гидрология (под ред. проф. В. Г. Глушкова). Литогр. изд.
5. Горбачев П. Ф. О предельных силах ливней. Труды I Всерос. гидрологического съезда. Изд. Гос. гидролог. инст., 1925.
6. Коревицкий Л. Опыт применения предельного правила «трех сигм» для определения максимального возможного расхода. Вестник ирригации. Январь, 1928.
7. Кочерин Д. И. Вопросы инженерной гидрологии. Энергоиздат, 1932.
8. Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. Расчеты речного стока. Госстройиздат, 1934.
9. Кригер В. и Дж. Джестин. Гидроэлектрический справочник. Энергоиздат., 1934.
10. Марцелли М. И. Питание и сток рек (глава в составе курса внутренних водных сообщений Акулова Н. А., Марцелли М. И. и Бриллинга).
11. Назаров В. Огляд формул и норм максимального сбигу зливовых та—весняни води, та умови вжитку IX ризних типових районив Украини. Киив, 1927.
12. Оболенский В. Н Курс метеорологии. Научно-техн. изд. Лнг., 1926.
13. Ольдекоп Э. Об испарении с поверхности речных бассейнов.
14. Протодьяконов М. М. Расчет стока ливневых вод к отверстиям искусственных сооружений. Журн. Техника и экономика путей сообщения, т. I. № 2. 1921.
15. Соколовский Д. Л. Применение кривых распределения к установлению вероятных колебаний годового стока рек европейской части СССР. Гостехиздат, 1930.
16. Он же. Применение кривых вероятностей к расчетам годового и максимального стока. Энергоиздат, 1934.
17. Он же. Максимальные модули снегового стока рек Ленинградской области, Карелии и методы их расчета (отдельный печатный оттиск).
18. Он же. Вопросы стока. Доклад на IV Гидрологической конференции Балтийских стран. Изд. Гос. гидролог. инст., 1933.
19. Тихомиров И. К. Практическое руководство к изучению испарения с поверхности пресноводных водоемов. Изд. Гидроэлектропроекта НКТП, т. XVIII, ОНТИ, 1933.
20. Труды I Всероссийского гидрологического съезда в Ленинграде в 1924 г. Изд. Гос. гидролог. инст., 1925.
21. Труды II Всесоюзного гидрологического съезда. Изд. Гос. гидр. инст. Лнг., 1928.
22. Труфанов А. А. Речная гидрология. Москва, 1923.
23. Шестопал О. С. Гидрология и гидрометрия. Трансиздат., 1933.
24. Meyer A. The Elements of Hydrology NJ, 1917.
25. Mead D. W. Hydrology NJ 1919.
26. Hoyt G. C. and Grover N. C. Riner Dischange №. I, 1921.
27. Mettler. Probleme und Constructionen aus der Hydrometrie. Zurich, 1925.

ГЛАВА VII

ТВЕРДЫЙ СТОК

§ 17. Основные сведения о наносах и борьба с ними

Под твердым стоком подразумеваются переносимые потоками твердые частицы, называемые наносами. Наносы различаются:

1. Взвешенные — непрерывно находящиеся внутри водяной массы, как-бы во взвешенном состоянии.
2. Полувзвешенные — временами поднимаемые водой, временами перекатываемые по дну.
3. Донные — передвигаемые рекой по дну (влекомые).
4. Растворенные.

Количество твердых наносов, проходящее в секунду через поперечное сечение, наз. твердым расходом.

Количество наносов, прошедших через данный створ за некоторый промежуток времени (декада, месяц, год), называется твердым стоком за этот период. Твердый сток достигает в некоторых реках нескольких сот тысяч и даже миллионов кубических метров в год. Наносы попадают в реку следующими путями: 1) благодаря смыву грунта с поверхности бассейна дождевыми водами, 2) при размыве рекой русла и берегов, 3) при размыве поймы в период половодья, 4) при обвале берегов и т. п. По мере приближения к устью диаметр частиц наносов уменьшается вследствие истирания или «изнашивания» частиц и уменьшения скоростей течения.

Движение донных и взвешенных наносов вызывается следующими обстоятельствами:

1) Наличием вертикальной составляющей скорости, которая есть результат пульсации. Когда величина этой составляющей равна или больше гидравлической крупности частиц, последняя приходит во взвешенное состояние или приподнимается.
2) Конечной величиной донной скорости.
3) Условиями обтекания частицы потоком жидкости.

1. Взвешенные наносы

При изучении взвешенных наносов необходимо иметь в виду следующие характеристики:

а) **гидравлическую крупность** или скорость падения частицы в стоячей воде при $t=15°C$;

б) **мутность** или количество наносов в ед. объема воды $E=\frac{g}{w}$,

где E мутность в килограммах или граммах на 1 куб. метр или литр воды, g вес пробы, w — объем всей пробы;

в) **коэфициент мутности** по весу в % — E_b

$$E_b=\frac{g}{\gamma\cdot w}\cdot 100\%,$$

g — вес пробы наносов; γ — вес ед. объема воды;
w — объем пробы.

г) **коэфициент мутности** по объему в % — E_o

$$E_o=\frac{M}{w}\cdot 100\%.$$

M — объем наносов; w — объем воды.

д) **наносность** — количество наносов, проходящих в единицу времени через ед. площади живого сечения $k = E.v$, где E — мутность $\frac{гр}{м^3}$, а v — скорость $\frac{м}{сек}$.

Поэтому размерность наносности:

$$(k) = \frac{гр\ м}{м^3 сек} = \frac{гр}{м^2 сек}.$$

Наблюдение над взвешенными наносами ведутся приборами, которые называются батометрами (см. гл. XV).

Для измерения расхода взвешенных наносов пробы берутся обычно на 3—4 вертикалях (в зависимости от ширины реки) и в 3 или 5 точках по глубине вертикали. Одновременно измеряется расход воды. Пробы подвергаются лабораторному анализу, где определяется вес каждой. Подсчет ведется аналогично с подсчетом расхода воды. Из построенной эпюры мутности и скоростей на вертикали находят элементарный твердый расход $S^0 = E_{ср}\, V_{ср} h$. Полный расход S определится, если построить эпюру элементарных расходов и спланиметрировать ее (или подсчитать площадь аналитически).

Наблюдениями установлено, что в условиях обычной равнинной реки мутность возрастает ко дну. На горных же реках эпюры мутности часто имеют неправильный характер.

Вопрос о взвешенных наносах изучен еще мало. Он осложняется тем, что невозможно установить однозначной зависимости расхода наносов от горизонта, подобно расходу воды $Q = f(h)$. В действительности твердый расход есть функция многих переменных. Известно только, что при прохождении паводков количество взвешенных наносов в реке увеличивается.

При помощи механического анализа определяют крупность частиц. Он основан на различной скорости оседания частиц разного диаметра.

В нижеприводимой табличке даются сведения о скорости оседания частиц, в зависимости от их гидравлической крупности.

Диаметр мм	Скорость оседания (гидравлическая крупность) мм/сек.
0,002	0,00347
0,020	0,34700
0,200	34,7000
2,000	3470,0000

Кеннеди дает формулу, определяющую скорость, при соблюдении которой не происходит ни выпадения частиц из текущей воды, ни размыва дна каналов $V_m = 0{,}545\ h^{0{,}64}$, где h глубина канала.

Анализируя применение формулы Кеннеди для расчета незаиляющихся каналов, В. Н. Гончаров (см. его книгу «О взвешивании наносов») приходит к выводу о недостаточной ее пригодности для поставленных целей.

Наиболее действительным средством к обеспечению от заиления каналов является выбор возможно больших скоростей, при которых однако не допускается размыва самого русла.

2. Донные наносы (влекомые по дну)

Закон Эри (Airy).

Рассмотрим частицу, лежащую на дне потока и подвергающуюся действию течения. Для простоты представим себе, что она имеет форму кубика со стороной «a».

На частицу будет действовать, по Ньютону, сила p — давления, пропорциональная площади $p = k_1 \cdot a^2 \cdot \gamma \frac{v^2}{2g}$, где k_1 — коэф. пропорциональности (обтекания частицы), $\gamma = 1$ (вес воды), v — скорость.

Сила давления будет уравновешиваться силой сопротивления частицы, т. е. трением ее о дно: $T = k_2 a^3\ (\delta - 1)$, где k_2 — коэф. трения тела по дну, δ — уд. вес тела.

При равновесии $p = T$ или

$$k_1 a^2 \frac{v^2}{2g} = k_2 a^3 (\delta - 1)$$

или

$$v^2 = 2g \frac{k_2}{k_1} \cdot a\ (\delta - 1) \qquad \text{и} \qquad v = \sqrt{\frac{k_2}{k_1} 2g\ (\delta - 1)} \sqrt{a}.$$

Все постоянные величины обозначаем через k, тогда

$$v = k \sqrt{a}$$
$$v^2 = k^2 \cdot a.$$

Чтобы получить зависимость между скоростью и весом тела, возводим обе части уравнения в куб. и коэф. $(k^2)^3$ обозначаем через C, получаем закон Эри:

$$v^6 = Ca^3,$$

из которого видно, что веса влекомых частиц пропорциональны шестым степеням влекущих их скоростей, т. е. если скорости возрастают в отношении 1 : 2 : 4, то веса влекомых тел будут находиться в отношении 1 : 64 : 4096.

По Дюбуа, начало перемещения частиц разной крупности осуществляется при следующих скоростях:

Фракция	Средняя скорость, при которой начинается движение (в м/сек)
Мелкий песок	0,162
Крупный песок	0,216
Мелкая галька	0,312
Средняя »	0,650
Крупная »	0,975

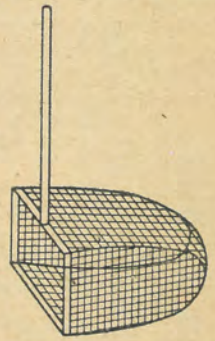


Рис. 23. Батометр для уловления донных наносов.

Что касается наблюдений над донными наносами, то здесь мы еще не имеем достаточно хорошо разработанной методики и аппаратуры (см. гл. XV настоящего «Справочника»). Существуют донные батометры, представляющие собой сетки или ящики, открытые с одной стороны и устанавливаемые на штанге навстречу течению (рис. 23), но они имеют общий недостаток: благодаря уменьшению скорости в приборе вследствие подпора создаваемого самим прибором, наносы в него почти не попадают. Для песчаных фракций применяется прибор Б. А. Аполлова (ванночка Аполлова) и прибор Б. В. Полякова в виде наклонной плоскости с поперечными ребрами для оседания частиц. Существенное значение при крупных фракциях

имеют также неровности дна, вследствие которых прибор не может быть установлен так, чтобы наносы не задерживались передним ребром прибора, а некоторые не попадали бы ниже этого ребра.

Для качественного определения донных отложений берутся пробы грунта русла приборами, которые носят название «щупов», или «драг». Первые из них позволяют вынуть столбик грунта без нарушения его структуры, вторыми приборами этого не достигается.

3. Растворенные наносы

Под растворенными наносами принято понимать вещества, переносимые водой в растворенном виде. Наиболее распространенными являются следующие химические соединения: CaO, MgO, Fe_2O_3, и соли щелочных металлов: Ca, Mg, Na, K. Насыщенность воды растворенными наносами находится в обратной зависимости к величине жидкого расхода, а именно в зимнее время она больше, чем в весеннее, т. к. чем меньше расход, тем больше концентрация или содержание вещества в ед. объема воды (мг на литр).

Наблюдения ведутся подобно наблюдениям над взвешенными веществами. Берутся пробы воды и определяется количество растворенных в ней веществ. Умножая его на расход воды, получим общий расход растворенных веществ.

Для хозяйственных и технических целей громадное значение имеет ж е с т к о с т ь в о д ы, которая определяется градусами жесткости немецкими, французскими или английскими (американскими).

Одному немецкому градусу соответствует содержание 10 мг окиси кальция или 14 мг окиси магния на 1 л воды. Французскому градусу соответствует содержание 10 мг карбоната кальция или 17,5 мг карбоната магния на 1 л воды. Английскому или американскому градусу отвечает содержание 1 грана (64 мг) карбоната кальция на 1 галлон (4,5 л) воды, что составляет 14 мг на 1 л. Соотношение между немецким, французским и английским градусами жесткости равно 1 : 1,79 : 1,25.

При оценке в немецких градусах, вода ниже 8° считается мягкой, от 8° до 16° средней и свыше 16° — жесткой. При жесткости ниже 12° вода считается годной для питья, если при этом остальные показатели ее качества приемлемы (вкус, температура, малое количество неболезнетворных бактерий и пр.).

Жесткость различается еще общая и постоянная. Первая соответствует сырой воде, в которой благодаря наличию углекислоты содержится большее количество растворенных солей кальция и магния. После удаления углекислоты кипячением, остающаяся жесткость воды называется постоянной. Разность между общей и постоянной жесткостью есть временная жесткость.

§ 18. Занесение водохранилищ наносами и борьба с ними

1. Количество наносов

После устройства водохранилищ, влекомые рекой наносы, вступая в спокойную водную зону, начинают отлагаться и заполнять водохранилище.

Заполнение начинается с его верхового конца, причем отлагающийся материал сортируется по крупности и соответственно убыванию скорости по течению; сначала откладываются более крупные частицы, а затем более мелкие.

При колебаниях бьефа происходит смыв и постепенное перемещение вниз отложившихся в верхней части водохранилища наносов. Смывом

однако, не затрагивается мертвый объем водохранилища, и по заполнении последнего обычно начинается уменьшение его полезного объема, причем в практике имеются неоднократные случаи почти полного занесения водохранилищ.

Так, водохранилище Austin на р. Колорадо занесено было на 95% в течение 13 лет, Гиндукушское водохранилище на р. Мургаб, емкостью 15 млн. куб. м, занесено полностью за такой же период и Султан-Бентское, емкостью 73 млн. куб. м, занесено на 70% в течение 16 лет (1910—1925 г.).

Срок службы водохранилища зависит от:

а) % содержания наносов в потоке, питающем водохранилище,

б) отношения объема водохранилища к среднегодовому стоку,

в) режима водохранилища.

Изучение твердого стока составляет одну из главнейших задач при проектировании водохранилищ, однако этому вопросу у нас уделяется еще недостаточно внимания.

Для надлежащего учета скорости заполнения водохранилища надлежит на основе данных наблюдений за взвешенными наносами на гидрометрических станциях определить объем наносных отложений в плотном теле при заполнении ими водохранилища.

Если содержание наносов в % % по весу равно E, то, обозначая удельный вес частиц грунта через δ и порозность слежавшегося наноса через p, получим объемный процент наносов по формуле:

$$V = \frac{E}{\delta (1 - p)};$$

так как обычно $\delta = 2 - 2{,}8$ и $p = 0{,}3 - 0{,}4$, то

$$V = (0{,}5 - 0{,}8)\, E \text{ или в среднем } V = 0{,}7E.$$

Зная процентное содержание наносов по месяцам, можно построить хронологический график расходов взвешенных веществ, который позволит произвести расчет заиления водохранилища.

Переходя к д о н н ы м наносам, отметим, что в СССР с наибольшей последовательностью проведены подобные исследования на р. Сулак у селения Миатлы, в связи с составляемым проектом Черкейсской гидроустановки с намеченной плотиной высотой 210 м и огромным водохранилищем емкостью 2,4 млр. куб. метров при полезном объеме 1,68 млр. куб. м. Результаты подсчетов твердого стока приводятся ниже:

Год	Сток воды км²	Сток взвешенных наносов млн. тонн	Сток донных наносов тыс. тонн
1927	5,1	5,8	—
1928	6,3	9,4	—
1929	5,9	15,6	—
1930	4,6	14,7	—
1931	5,5	45,0	890,2
1932	6,7	33,1	791,2
1933	5,7	15,4	408,4

По произведенным подсчетам мертвый объем указанного водохранилища будет занесен взвешенными и донными наносами в течение 40—50 лет.

В тех случаях, когда данные непосредственных измерений донных наносов отсутствуют, примерные подсчеты донного стока можно производить по следующим формулам:

а) **Формула Kreuter'a**

$$G = m\gamma^2 I^2 \omega (t_0 + 2z),$$

где g — расход донных наносов в 1 секунду через поперечное сечение русла в килограммах:

$\gamma = 1\,000$ кг, вес 1 куб. м воды,

I — продольный уклон реки,

t_0 — минимальная глубина, при которой начинается движение донных наносов,

ω — площадь живого сечения ниже горизонта, соответствующего глубине t_0,

z — расстояние центра тяжести площади ω ниже горизонта t_0,

m — численный коэфициент, характерный для данного потока.

Величина t_o определяется наблюдением или вычисляется по формуле Du-Bois для минимальной «силы влечения» наносов:

$$S_0 = 1\,000\, I t_0, \text{ откуда } t_0 = \frac{S_0}{1\,000\, I},$$

при этом начальная сила влечения S_0 определяется по одной из формул $S_0 = 62\, d$ или формуле Шоклича:

$$S_0 = \sqrt{0{,}2\gamma\,(\gamma_1 - \gamma)\, d^3 \lambda}$$

В предыдущих формулах d означает средний диаметр влекомых частиц в метрах, γ_1 — удельный вес наносов, коэфициент λ имеет следующие значения:

для круглых частиц	$\lambda = 1{,}0$
для песка	$\lambda = 1{,}3$
для угловатых частиц	$\lambda = 3$—4

Для определения m предложены формулы:

Форхгеймера: $m = \dfrac{0{,}54}{\gamma_1 - \gamma}$ (γ_1 и γ в кг/м³),

Вейрауха и Курцмана: $m = \dfrac{H}{S_0}$, где $H = 0{,}00031 - 0{,}00033$.

Пример (см. М. В. Потапов «Регулирование стока»).

Подсчитать количество донных наносов в реке с уклоном $I = 0{,}005$, шириной русла 100 м и средней глубиной $t = 3{,}0$ м. Донный нанос состоит из округлой гальки средним диаметром $d = 0{,}02$ м и удельным весом 2,5 (2 500 кг/м³).

Начальная сила влечения S_0:

по упрощенной формуле $S_0 = 62 \cdot 0{,}02 = 1{,}24$ кг/м²,

по Шокличу $S_0 = \sqrt{0{,}2 \cdot 1\,000\,(2\,500 - 1\,000)\, 0{,}02^3 \cdot 1{,}0} = 1{,}48$ кг/м².

Принимаем с округлением $S_0 = 1{,}5$ кг/м².

Коэфициент m:

по Форхгеймеру $m = \dfrac{0{,}54}{2\,500 - 1\,000} = 0{,}00036$,

по Курцману $m = \dfrac{0{,}00033}{1{,}5} = 0{,}00025$.

Принимаем в запас $m = 0{,}00036$.

Далее найдем:

$$t_0 = \frac{S_0}{1\,000\, I} = \frac{1{,}5}{5{,}0} = 0{,}3 \text{ м}$$

$$\omega = 100 \cdot (3{,}0 - 0{,}3) = 270 \text{ м}^3$$

$$t_0 + 2z = t = 3{,}0 \text{ м}.$$

Наконец, подсчитываем расход наносов по Kreuter'y

$$G = 0{,}00036 \cdot 1\,000^2 \cdot 0{,}005^2 \cdot 270 \cdot 3{,}0 = 7{,}3 \text{ кг/ск}.$$

Что составит в сутки

$$\frac{86\,400 \cdot 7{,}3}{1\,000} = 630 \text{ тонн},$$

или считая вес одного куб. м гальки 2 m, получаем суточный объем наносов около 300 куб. м.

б) **Формула Мюльгофера** (1932)

$$G = \alpha B V h,$$

где:

α — коэфициент пропорциональности,

B — ширина реки,

V — средняя скорость течения,

h — показатель, основанный на уравнении Дюбуа

$$G = \phi S (S - S_0),$$

где

ϕ — коэфициент расхода наносов,

S_0 — начальная сила влечения,

S — сила влечения в данный момент времени.

Мюльгофер принимает $S_0 = O$, считая движение наносов постоянным. Тогда

$$G = \phi S^2.$$

Выражая S в функции скорости, получим:

$$S = KV^2$$

$$G = \phi S^2 = \phi (KV^2)^2 = CV^4$$

$$G = \alpha B V^4 \text{ кг/сек.}; \; h = 4$$

Коэфициент α, как установил Мюльгофер при изменении горизонта воды, а следовательно и остальных элементов, меняется, поэтому формулой можно

пользоваться, если имеется некоторый небольшой ряд наблюдений над расходами донных наносов и можно установить зависимость $\alpha = f(H)$, которая у Мюльгофера получалась прямолинейной (H — высота горизонта).

в) **Формула Шоклича** (1934 г.)

$$G = \frac{7\,000}{\sqrt{d}} I^{3/2} (Q - Bq_0) \text{ кг/сек.}$$

d — ср. диаметр частиц в мм,
I — поверхностный уклон,
Q — расход воды м³/сек.,
B — ширина реки в метрах,
q_0 — расход воды м³/сек. на 1 м ширины реки, при котором начинается влечение наноса по дну.

q_0 определяется по формуле Жильберта:

$$q_0 = \frac{1\,944 \cdot 10^{-8}}{I^{4/3}} d.$$

Обозначения те же.

Формулу Шоклича можно применять при отсутствии наблюдений над расходами донных наносов, если есть данные о гидравлических элементах реки и известен средний диаметр частиц.

2. Срок занесения водохранилищ

Обозначим через:
p — твердый сток потока в долях от среднего годового стока,
β — отношение объема водохранилища к среднегодовому стоку,
α — коэф. заполнения водохранилища наносами,
T — число лет, в течение которых откладываются наносы.
Тогда имеем:

$$p \cdot T = \alpha\beta, \quad \text{откуда} \quad T = \frac{\alpha\beta}{p}.$$

Содержание наносов (p) составляет в среднем 0,1—0,2% по объему стока. Поэтому при емкости водохранилища равном полному годовому стоку ($\beta=1$), оно заносится полностью ($\alpha=1$) за 500—1 000 лет; при $\beta=0{,}2$ водохранилище будет занесено через 25—50 лет. Если занесение водохранилища допустить лишь на 20% от его объема, то занесение его следует ожидать через 5—10 лет.

В строящемся ныне Гуверовском водохранилище на р. Колорадо, при объеме его 37 км³, среднем годовом стоке 19,6 км³ и ожидаемом отложении наносов в 120 млн. куб. м ежегодно, нарушение его работы ожидается лишь через несколько сот лет.

3. Меры борьбы с заилением водохранилищ

Наиболее дешевой и надежной мерой для очистки водохранилищ от наносов является установление такого режима и установление такой конструкции водоспусков, при которых возможно произвести промывку водохранилищ.

Обычно радикальная очистка водохранилищ требует понижения верхнего бьефа до бытовых горизонтов, при которых достигается лишь увеличение скоростей на длинном участке реки до размера, отвечающего размыву наносов. Попуски воды для этих целей через донные водоспуски, без снижения бьефа, дают ничтожный эффект, захватывая отложения лишь вблизи плотины.

Указанный режим водохранилища с опорожнением бьефа для промывки возможен при обеспеченности паводка, при котором не только осуществляется промывка, но и обеспечено вновь наполнение водохранилища в самые маловодные годы. Кроме того, водоспуски должны быть сконструированы так, чтобы при нормальном паводке впереди плотины не создавалось подпора, для чего водопропускные отверстия должны быть достаточно велики.

В том случае, когда подобные условия соблюсти нельзя, как по роду самого сооружения (гидростанция), так и по конструктивным особенностям плотины (земляные), все же принимают меры к уменьшению заиления.

К таким мерам могут быть отнесены:

а) Расположение водохранилища не в главной, а в боковой долине с питанием водохранилища особым каналом, сообщающимся с главной рекой. Освобождение воды от наносов осуществляется путем применения соответствующих конструкций головных сооружений (промывных карманов, песколовок и пр.). Помимо борьбы с занесением это расположение облегчает пропуск максимального паводка и может сделать излишним устройства специальных сооружений при плотине. Невыгодой является невозможность захвата всего расхода главной реки, без специального придания питающему каналу больших размеров. Природные условия редко благоприятны для данной схемы.

б) Устройство обходного канала вокруг водохранилища для сброса части паводка в период наибольшего содержания наносов. Указанный способ приемлем лишь при небольших водохранилищах и достаточно благоприятных топографических условиях, дающих малый объем земляных работ на обходном канале.

в) Задержание наносов путем устройства малых плотин на главной реке или притоках выше по течению проектируемого водохранилища. После заполнения наносами образовавшихся перед плотиной участков, устраиваются либо новые плотины или наращиваются имеющиеся.

г) Ослабление эрозионных процессов в бассейне водохранилища, основанное на тщательном изучении очагов выноса частиц грунта, путем:

1) задержания атмосферных осадков на месте их выпадения, посредством устройства валиков и канавок по горизонталям склонов, пропашка в том же направлении,

2) закрепления склонов лесной и травяной растительностью,

3) террасирования склонов,

4) закрепления оврагов путем запруживания, укрепления дна и берегов и проч.

Подобные мероприятия относятся к числу дорогих и длительных. Срок их проведения должен быть согласован со временем заиления мертвого объема водохранилищ.

В случае невозможности предотвратить занесение водохранилища, прибегают иногда к удалению наносов землечерпательными снарядами. Однако, применение этого способа обычно нерентабельно, и выгодней бывает устройство нового водохранилища, если местные условия этому благоприятствуют.

§ 19. Формирование русла потока

1. Образование меандр

Движение воды в реках, как известно, происходит под действием силы тяжести. Движущиеся массы воды обладают известной энергией, т. е. способностью производить работу, которая и выражается в эрозионной деятельности реки, т. е. в размывании рекой своего русла в глубину (глубинная эрозия) и размывании берегов (боковая эрозия).

Обычная равнинная река имеет в плане извилистый вид, или, как принято говорить, меандрический. Меандры образуются рекой, обычно уже разработавшей свое русло, имеющей уже небольшой уклон и для которой глубинная эрозия не под силу. Отдельный меандр может развиться настолько, что половодье может прорвать его узкое место между извилинами, и участок спрямляется, приобретая больший уклон.

Препятствием к развитию меандр служат следующие обстоятельства:

1. Река настолько увеличила свое протяжение, благодаря меандрам, и, следовательно, уменьшила продольный уклон, что дальнейшее меандрирование ей не под силу.

2. Река встретила настолько твердую породу, что размыть ее и образовать меандр она не в состоянии.

Образуя меандры, река ударяется в берег под все более острым углом и вершина меандры как бы смещается с течением времени, образуя постепенно вместо вогнутости — выпуклость.

С характером расположения выпуклостей и вогнутостей реки связано отложение наносов.

Обычно вогнутый берег подмывается, а у выпуклого происходят отложения наносов. Вогнутые участки реки соответствуют глубоким местам — плесам, а выпуклые — м е л к и м, и л и п е р е к а т а м.

2. Положения Фарга

Зависимость глубин от очертания реки в плане была эмпирически получена французским инженером Фаргом, при тщательном изучении им р. Гаронны. Сформулированные им нижеследующие положения носят название «Законов Фарга»:

1. Наибольшая глубина плеса и наименьшая переката сдвинуты относительно точек наибольшей и наименьшей кривизны русла реки вниз по течению, приблизительно на $^1/_4$ длины плеса и переката.

2. Чем больше кривизна вогнутого берега, тем больше и глубина плеса.

3. С увеличением длины кривой при данной кривизне глубина сначала возрастает, а потом убывает, и существует для каждого участка реки некоторое среднее, наиболее благоприятствующее глубинам, значение длины кривой.

4. Плавному изменению кривизны соответствует плавное изменение глубины. Всякое резкое изменение одной влечет за собой резкое же изменение другой.

По указаниям Фарга, для того чтобы фарватер был устойчив и сохранял свое положение при искусственном выправлении реки, необходимо, чтобы оба берега русла реки имели очертание по кривым, причем кривизны должны последовательно переходить от вогнутой формы к выпуклой и обратно, соединяясь в местах перегиба короткими прямыми вставками. Кривизна должна быть непрерывной и величина кривизны должна постепенно изменяться от нулевой точки у перегиба до максимальной у вершины кривой, а затем вновь постепенно уменьшаться к следующей точке перегиба. Подходящей кривой для очертания береговых линий Фарг считает лемнискату. Ширина трассы должна быть непостоянной, увеличиваясь и уменьшаясь согласно рисунку 24. При этом ширина должна быть бо́льшая в кривых частях русла и меньшая на перегибах с плавным переходом ширины от большей к меньшей. Абсолютная величина расширений, а также абсолютная величина сужений должны постепенно увеличиваться вниз по течению.

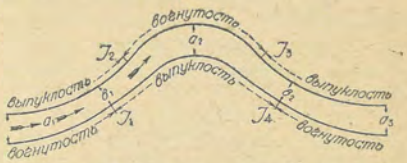


Рис. 24. Выправление реки по Фаргу.

Таким образом, согласно рисунку 24 a_2 должно быть больше чем a_1, a_3 больше чем a_2, и т. д. Точно также b_2 должно быть больше b_1.

Для увеличения глубины фарватера полезно при равных длинах кривых увеличивать внешний угол касательных к концам кривых. Точки перегибов не должны находиться в одном поперечном сечении, а именно, точка перегиба вогнутого берега в выпуклый должна быть выше точки перегиба на противоположном берегу выпуклого берега в вогнутый, а именно согласно рисунку точки J_1 находится выше по течению чем J_2 и точка J_3 выше чем J_4.

3. Предложения Жирардона и Лелявского

На основе собственного опыта регуляционных работ на р. Роне, имеющей подвижное русло, инж. Жирардоном также был отмечен ряд важных фактов, касающихся жизни реки, часть которых относится к вопросу формирования русла.

Особое внимание им обращено на характер образования перекатов и, как следствие, отсюда на методы выправления их в благоприятном для судоходства направлении.

Жирардон установил понятие о двух основных типах перекатов в отношении судоходства: плохой и хороший.

Первый тип характеризуется тем, что ложбины дна у двух противоположных берегов заходят друг за друга и возвышение дна — перекат, располагается между концами ложбин, вследствие этого стрежень реки, переходя из одной ложбины в другую, круто поворачивается почти перпендикулярно к берегам. Перекат, разделяющий вышеуказанные смежные плесы, имеет форму пересыпи, вытянувшейся по направлению, близкому к общему направлению течения реки. Подобное явление имеет место или в случае, когда течение реки разбросано, или когда оно течет одним руслом, но неудачным расположением сооружений создались условия к поддержанию глубоких мест у обоих берегов.

Второй тип (хороший) встречается почти исключительно только в таких участках реки, на которых течение воды при всех уровнях сосредоточено в едином русле с достаточно устойчивыми берегами. Ложбины смежных плесов идут одна навстречу другой, не заходя друг за друга, и стрежень расположен по плавной кривой. Перекат имеет форму пологой мели, нормальной к общему направлению течения.

Ввиду удобств такого типа перекатов для судоходства, Жирардон ставит своей задачей при регулировании реки — преобразовать перекаты плохого типа в перекаты хорошего типа. Опыт работ на Роне показал, что для достижения таких результатов необходимо:

1. Собрать все меженние воды в едином русле, закрыв все побочные рукава.

2. Фиксировать в этом русле места больших глубин и места складывания наносов, что требует соответствующих форм берегов и устройства сооружений, поддерживающих эти формы.

3. Регулировать положение и форму наносных отложений на перекатах.

Работами инж. Лелявского на р. Днепре установлены типы циркуляции, наблюдающиеся в потоке и объясняющие процесс формирования русла:

I тип. — Верховое, сбойное, сходящееся течение, которое опускается на фарватере и углубляет дно, вынося материал к берегам.

II тип. — Донное, расходящееся веерообразно, течение. Действием его грунт, вымытый на фарватере, складывается на пологой отмели и по ним перекатывается в косых направлениях.

III тип. — На закругленном участке, где происходит набегание воды на вогнутый берег, вихревое движение около него по спирали увеличивается, происходит подмыв вогнутого берега и вынос материала на выпуклый отмелый берег.

ГЛАВА VIII

ОЗЕРА И БОЛОТА

§ 20. Озера

1. Общие данные

Озерами называется скопление воды в углублениях земной поверхности. Озеро (с гидрологической точки зрения) отличается от пруда тем, что имеет глубину настолько большую, что растительность на большей части дна отсутствует, в противоположность пруду, дно которого обычно все покрыто ею.

Происхождение озер связано с тектоническими процессами (поднятие и опускание земной коры) и с ледниковым периодом — так называемые «моренные озера», расположенные в углублениях, оставленных ледником. Есть еще озера «речные», представляющие собой как бы остатки протекавшей некогда реки.

Озера делятся по балансу воды в них на 2 группы:

а) сточные озера,

б) бессточные озера,

а по составу воды на соленые и пресные.

К сточным относятся озера, из которых вытекает река или она протекает через озеро, например Байкал, Зайсан. Помимо речного стока из озера может существовать и подземный.

Соленость озера обусловливается впадающими в него реками. Вносимые ими соли, если озеро не имеет стока, накопляются в нем и, если озеро насытится солями, то последние могут оседать на дно. Однако есть среди бессточных озер исключения. Вода их может не доходить до насыщения или оставаться совсем пресной.

Это можно объяснить существованием интенсивного подземного питания.

В сточном озере также могут накопляться соли, когда вытекающая из него река выносит воды мало и имеется значительное испарение с его поверхности.

Озера не являются устойчивым видом рельефа. С момента своего образования они непрерывно идут к отмиранию и в жизни озера можно наметить 3 периода:

1-й период — молодость. Котловина озера сохраняет свои первоначальные очертания. Реки, впадающие в озеро, еще не успели занести ее наносами. Растительности нет или ее очень мало.

2-й период — зрелость. Все дно озера покрыто наносами. Вдоль берегов идет отсыпь наносов аллювиального происхождения с уменьшающейся вглубь озера крупностью. В береговой зоне уже сильно развилась растительность, которая, отмирая и заполняя котловину озера, ведет к обмелению.

3-й период — старость. Озеро все больше мелеет и растительность развивается по всей его донной зоне. В центральной части озера образуются залежи озерного ила, сапропеля — органического происхождения. После окончательного зарастания, существование озера кончается — оно превращается в болото.

2. Морфометрия озера

При измерении глубин озера их отсчитывают от нулевого уровня, за который берут самый низкий из наблюденных уровней или средний из самых низких. Изобатами озера называются линии, соединяющие точки с одинаковыми глубинами, а площади, окаймляемые ими, называются изобатными площадями.

Объем озера V вычисляется, если известны его изобатные площади: $f_1, f_2 \cdots f_{n-1}, f_n$ и расстояние между ними по вертикали a:

$$V = a\left(\frac{f_1}{2} + f_2 + f_3 + \cdots f_{n-1} + \frac{f_n}{2}\right) + \frac{a_n f_n}{2},$$

где a_n — расстояние от последней изобаты до дна.

Более точно объем озера выражается как сумма объемов усеченных конусов:

$$V = \frac{a}{3}\sum_{k=2}^{k=n}\left(f_{k-1} + f_k + \sqrt{f_{k-1}\cdot f_k}\right) + \frac{a_n f_n}{2}.$$

Следующими наиболее важными характеристиками озера будут:

длина береговой линии L, извилистость длины береговой линии E, т. е. отношение ее к длине окружности равновеликого озеру круга, при площади зеркала озера f_1; диаметр равновеликого круга d найдется из уравнений:

$$f_1 = \frac{\pi d^2}{4}; d = \sqrt{\frac{4f_1}{\pi}},$$ периметр будет $$\pi d = \sqrt{4\pi f_1},$$

следовательно $$E = \frac{L}{2\sqrt{\pi f_1}}$$ (см. табл. на стр. 282).

3. Термика озер

На термику озера влияют следующие основные факторы:

1. Температура притекающей в озеро воды.
2. Температура воздуха.
3. Солнечная теплота.

Наибольшие озера земного шара

Название	Площадь км²	Наибольшая глубина (м)
Каспийское море	438 700	1 098
Верхнее	83 627	307
Виктория-Нияза	83 310	—
Аральское море	67 960	68
Мичиган	61 906	263
Гурон	61 340	274
Байкал	34 200	1 610
Танганайка	31 450	590
Чад	27 000	—
Нианза	26 500	900
Эри	26 000	62
Онтарио	19 800	225
Балхаш	18 740	—
Ладожское	18 724	223
Онежское	9 890	125

Последний фактор особенно важен.

Распределение температуры в озере носит название прямой стратификации,— т. е. по мере увеличения глубины температура от слоя к слою понижается. Температуры глубоких озер умеренного климата 4°С. Для озер характерно явление температурного скачка, т. е. внезапного резкого падения температуры на определенной глубине. В Валдайском озере этот скачок происходит на глубине 6—9 м, а в Белом — на 4—8 м.

4. Движение воды в озерах

Движение воды в озере вызывается следующими причинами:

1. Протекающей или вытекающей из озера реки.
2. Разностью температур (конвекция).
3. Разностью барометрического давления по берегам озера или явлением **сейш**.
4. Ветрами.

С е й ш и есть явление поднятия и опускания уровня воды у противоположных берегов, отличающееся известной периодичностью; например на Женевском озере амплитуда колебания максимально доходила до 2 метров, а период колебания в среднем определен в 73 минуты.

§ 21. Болота

1. Общие сведения

Под болотом понимают территорию, излишне увлажненную в течение большей части года или на всем его протяжении и покрытую характерной влаголюбивой растительностью.

Болота бывают 3-х типов:

1. Низинные.
2. Верховые.
3. Смешанные.

К первому типу (низинному) относятся болота, образовавшиеся в пониженных частях рельефа, — заросшие озера, поймы рек.

В е р х о в ы е болота образуются на водоразделах, где нет значительных уклонов местности и в то же время налицо достаточное количество атмосферных осадков, а почвы содержат вещества, нужные для произрастания болотных мхов и не слишком засолены.

С м е ш а н н ы е болота имеют участки верхового или низового типа.

В силу излишней увлажненности болотной почвы, растительные остатки попадают в условия недостаточного доступа воздуха. Разложение в этих условиях происходит не полное, они подвергаются так называемому процессу оторфования.

Торф низинных болот отличается от торфа верховых, так как на этих болотах произрастает по существу различная растительность. На низинных болотах образуется тростниковый, осоковый, хвощовый, камышевый торф, а на верховых сфагновый (белый мох), на более пониженных и богатых питательными веществами местах — гипновый торф (зеленый мох).

В смысле хозяйственного использования болота представляют неодинаковую ценность. Низинные болота, как более богатые питательными веществами, могут быть использованы для сельского хозяйства (после осушения), а верховые обычно используются для добычи торфа.

В каждом отдельном случае к вопросу использования болота необходимо подходить внимательно, изучать зольность торфа, содержание солей и пр. и тогда определить характер использования.

На болотах встречается также древесная растительность, но она находится в угнетенном состоянии. К древесной растительности, произрастающей на болоте, относятся сосна, ель, береза, ива, ольха, кустарники и полукустарники.

2. Процесс заболачивания

Заболачивание может происходить вследствие:

1) уменьшения влажности (зарастание озер),
2) увеличения влажности (заболачивание суши).

При зарастании озер надо различать два случая:

а) водоем с пологими берегами,
б) водоем с крутыми берегами.

В первом случае зарастание идет по такой схеме: растительность развивается одновременно подводная и надводная, сперва в береговой зоне, которая благодаря отмиранию растений мелеет, а растительность вследствие этого имеет возможность продвигаться все дальше и дальше в озеро. Когда озеро все зарастает, на его поверхности появляется мох.

Озера с крутыми берегами заболачиваются несколько иначе.

У берега образуется плавучий зеленый ковер — сплавина, состоящая из корней и стеблей растений. Она постепенно утолщается; отмершие корни падают на дно, и озеро мелеет. Со временем на сплавине может развиться и древесная растительность. Сплавина может покрыть все озеро и оно под ней постепенно заполняется торфяными отложениями.

Заболачивание сухих пространств происходит при наличии условий, способствующих задержанию влаги. Например, водонепроницаемого слоя, отсутствия поверхностного стока и при наличии достаточного количества атмосферных осадков. На таких местах поселяется болотный мох, который обладает способностью притягивать влагу. Влагоемкость его доходит до 90%. Верховые болота имеют выпуклую форму. Прирост мохового болота составляет 2—3 см в год.

Заболачиванию могут подвергаться луга благодаря тому, что в верхнем слое почвы скопляются остатки корней злаков, уплотняющие почву и затрудняющие доступ воздуха.

После увлажнения почвы на смену злакам приходит болотная растительность.

Часть болот возникает на месте лесных пожаров вследствие физико-химических изменений почвы и образования в ней непроницаемых коллоидальных соединений.

3. Гидрологическое значение болот

Торфяное болото чрезвычайно влагоемко. Оно может задерживать до 90% объема влаги, и почти не отдает ее в качестве стока; вода тратится главным образом на испарение. В половодье болото, насытившись влагой, не дает возможности просачиваться ей в грунт и вызывает излишний поверхностный сток.

Таким образом, болота с гидрологической и гидротехнической точек зрения являются вредными, почему желательно их осушение.

Литература

1. Аполлов Б. А. и Лукашин М. А. Практическая гидрометрия твердого расхода потоков. Тифлис, 1929.
2. Аполлов Б. А. и Лукашин М. А. Гидрометрия. Тифлис, 1932.
3. Великанов М. А. Гидрология суши. Москва, 1932.
4. Гончаров В. Н. О взвешивании наносов. Москва и Ленинград, 1933.
5. Гириллович Н. А. Гидрометрия. Ленинград, 1932.
6. Кандиба Б. Н. Регулирование рек. Ленинград, 1927.
7. Лелявский Н. С. Доклады международному судоходному конгрессу в 1894 г. и доклад Съезду деятелей по водным путям, 1904.
8. Огиевский А. В. Гидрометрия и производство гидрометрических работ. Москва, Ленинград, 1934.
9. Потапов М. В. Регулирование стока. Москва, Ленинград, 1933.
10. Шестопал О. С. Гидрология и гидрометрия. Москва, Ленинград, 1933.
11. Шамов Г. И. Анализ существующих зависимостей между движением донных наносов и элементами водного потока. Изв. Научно-исследов. института гидротехники, № 9, Ленинград, 1933.
12. Эйгель Е. М. Теория движения речных потоков Kreuter'а и ее применение в технике, Москва, 1926.

ГЛАВА IX

ЛЕДОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ И БОРЬБА С НИМИ В СВЯЗИ С ПРОЕКТИРОВАНИЕМ И ЭКСПЛОАТАЦИЕЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

§ 22. Ледяной покров

Ледовые явления в реках осложняют обычно задачу проектирования, возведения и эксплоатации гидротехнических сооружений, почему характер этих явлений должен быть предварительно выявлен соответствующими изысканиями для возможности принятия мер к частичной или полной ликвидации вредных последствий льда на сооружения.

Интенсивность ледовых явлений в значительной степени зависит от целого ряда причин, из которых главнейшие суть: а) климатические, определяющие продолжительность зимнего периода и его минимальную температуру, б) географические, определяющие географическую зону и направление потока относительно стран света, его протяженность, и в) морфологические, определяющие уклон, конфигурацию потока в плане и степень разработанности его русла.

Ледообразование сильнее в местностях с наиболее холодной и долгой зимой. На реках со спокойным течением толщина ледяного покрова возрастает с юга на север. Наибольшая толщина льда немногим превышает 1 м даже для весьма отдаленных рек европейского севера. Реки Сибири отличаются более толстым ледяным покровом, а малые реки промерзают нередко до самого дна, чем в значительной степени осложнен процесс их очищения ото льда.

Географическое положение потока связано с условиями климата, однако, на характере протекания зимнего режима рек сказывается влияние ее длины, особенно, когда река значительно вытянута в меридианальном направлении. Если течение ее при этом направлено с севера на юг, то процессы замерзания и вскрытия идут достаточно нормально. Устьевые части, вскрываясь раньше, освобождают русло для прохода верхового льда. При обратном направлении течения нередко случаются значительные стихийные бедствия, происходящие от более раннего вскрытия верховьев, при еще прочном ледоставе в нижних частях реки. Паводок, идущий сверху, взламывает крепкий лед низовьев, вызывает заторы, сопровождаемые подъемом воды, и плавающие льдины причиняют огромный вред селениям, сооружениям и культурным землям.

Морфологические характеристики реки, как-то: резкое изменение поверхностных уклонов, искривление и сужение русла, способны создать условия, значительно усиливающие заторы льда, будь то при внезапных вскрытиях, подобно описанному выше, или при относительно нормальном очищении реки от льда. Так как вскрытие рек, сопровождаемое прибылью воды, протекает несоизмеримо более бурно, чем в период осеннего ледохода, то весенние ледоходы значительно опаснее по своим последствиям нежели осенние.

На гидротехнические сооружения ледяной покров оказывает вредное действие как в состоянии движения, так и в некоторых случаях в состоянии покоя.

1. Динамическое действие ледяного покрова на сооружения и борьба с ним

При движении льда развивается живая сила, зависящая от размера льдин и скорости их движения, при этом сила лобового удара от ледяного покрова может быть исчислена по формуле:

$$S = \frac{P \cdot V}{g},$$

где P — примерный вес льдины, равный произведению ее объема в куб. метрах на удельный вес льда (около 0,90),

V — скорость льда в м/ск.,

g — ускорение силы тяжести 9,81 м/ск.^{2}.

Указанная формула верна при времени удара, равном одной секунде, что и можно принять для практического использования формулы.

Для предотвращения или уменьшения силы удара льдин о сооружения могут быть указаны следующие методы:

1. Таяние льда выше сооружений без создания ледохода.
2. Недопущение льда к сооружению.
3. Размельчение льдин.

4. Уменьшение скорости льдин при подходе к сооружению.

5. Ослабление удара путем принятия его на наклонную плоскость сооружения.

Таяние льда применяется у небольших плотин путем устройства впереди них кустов свай или ряжей. Подобные устройства применяются в прудах на Урале, впереди небольших заводских или мельничных плотин. Они не оправдываются по сложности заградительных конструкций для высоких плотин с глубоким верхним бьефом.

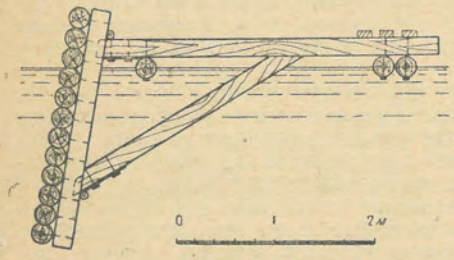


Рис. 25. Пловучая запань для ограждения от ледохода гидростанции в Хогельфорсе; поперечный разрез.

Полное задержание льда может быть рекомендовано лишь в случае слабого ледохода с малым общим количеством льда и на реках, с неразвитым судоходством, так как задержание льда на судоходных реках сокращает время навигации.

Недопущение льда к сооружению достигается следующими способами:

а) заграждением сооружения от льда рядами свай, кустов свай, запанями, ледозащитными стенками или ледорезами, не дающими отклонения льда в сторону или дающими такое отклонение;

б) отводом льда путем создания потока воды, отклоняющего движение льда от сооружений;

в) отводом льда от сооружений вручную для мелких сооружений в реках со слабым ледоходом.

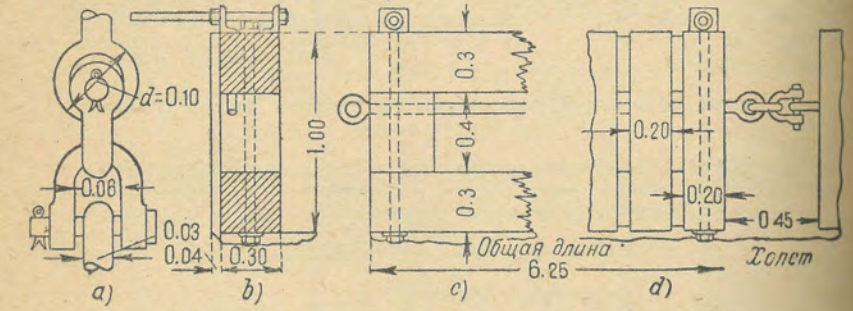


Рис. 26. Разрез и часть плана пловучей запани на гидроустановке в Вентавоне.

Из перечисленных устройств в п. а) сваи и кусты свай пригодны для мелких рек с несильным ледоходом. Пловучие запани применяются для удержания и отклонения льдин в реках с ледоходами с малой и средней силой и состоят либо из отдельных бревен, либо из нескольких параллельно соединенных бревен с шарнирным сочленением отдельных секций друг с другом (рис. 25, 26). Концы запани укрепляются на берегу или у сооружения. Запани применяются для следующих целей:

а) Для заграждения аванкамеры гидростанции или водозаборного бассейна водопровода, вместо устройства постоянной ледозащитной стенки (рис. 27). Экономия при применении в подходящих случаях запаней вместо стенок значительна, особенно в глубоких бьефах, в которых ледозащитные стенки получались бы весьма массивными.

За последнее время в Германии, в Скандинавских странах и в Сев. Америке отказываются от устройства ледозащитных стенок и успешно используют для этой цели запани.

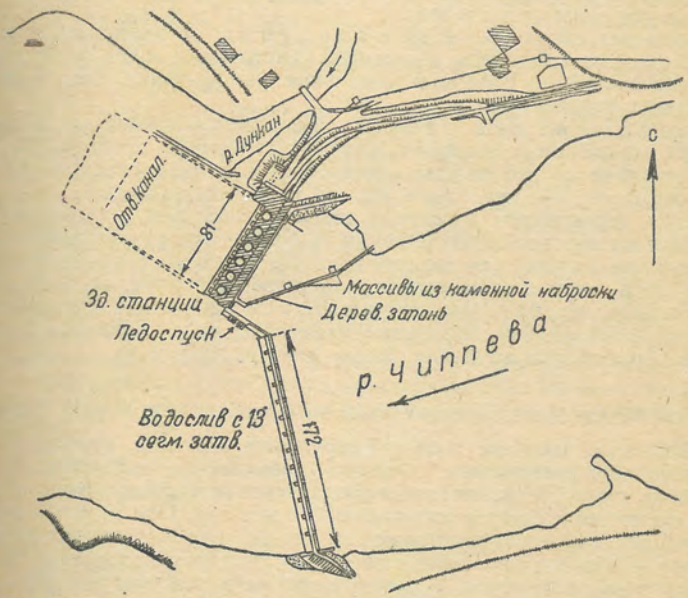


Рис. 27. Схематический план расположения гидростанции на реке Чиппева с указанием расположения пловучих запаней.

Примерами устройства их в Германии являются гидростанции: Южная Мюнхенская, Брук на р. Мур, Пернегг на р. Мур, Ванген. В Скандинавских странах и Финляндии: Ранаасфа на р. Гломмен, Каяне, Хогельфосс, Кууссанкоски. В США — на р. св. Лаврентия, на водопаде Чиппева, ст. Иордан на р. Куза, Торонто на р. Онтарио, Кеокукская на р. Миссисипи, Шевинженская на р. Сен-Морис.

б) Для заграждения входа в деривационный канал (при нежелательности пропуска через него льда).

в) Для заграждения водосливных отверстий (при нежелательности сброса льда).

В этом случае запани находятся обычно под значительным напором льда, ввиду чего их иногда устраивают в два ряда. Примером может служить Троллгеттенская плотина в Швеции.

г) Для направления льда к ледопропускному пролету сооружения или в соответствующую часть русла реки.

д) Для ускорения ледостава на реках, подверженных образованию донного льда, так как при покрытой льдом поверхности реки процесс выделения донного льда обычно прекращается.

Следующими важнейшими устройствами для защиты сооружений от льда служат ледорезы и ледозащитные стенки.

Первые применяются в разнообразных случаях и, главным образом, для предохранения мостовых быков от удара льдин и для ограждения бычков плотин. Конструкция ледорезов чрезвычайно разнообразна и зависит от силы ледохода, глубины воды перед сооружением и от рода материалов, из которых устраиваются ледорезы.

Различают следующие виды ледорезов: деревянные, металлические, каменные и бетонные, смешанной конструкции; и по своему расположению: совмещенные с быком и раздельные, как на общем, так и на раздельном с ним фундаменте.

Ледозащитные стенки обычно устраиваются для ограждения от льда водозаборных отверстий гидроэлектрических станций. Начинаясь в большинстве случаев от узла примыкания плотины к станции, они располагаются в реке под некоторым углом к направлению потока.

Ввиду дороговизны массивных ледозащитных стен и часто неоправдывавшейся на практике необходимости их возведения, ряд заграничных станций не имеет их, даже при наличии сильного ледохода. Сюда относятся станции в США, на р. св. Лаврентия, у острова Бернхарт, на р. Миссисипи, у г. Миннеаполис, на р. Висконсин и др.; в Скандинавских странах на р. Гёта-Эльф ст. Лилла Эдет, Мёркфосс-Сольбергфосс на р. Гломмен и др.; в Германии: Кретценбург на Майне, Майнкур на р. Майн и др.

2. Статическое давление льда на сооружения и борьба с ним

Статическое давление льда на сооружения является следствием температурного его расширения, а иногда примерзания льда к сооружению. Давление льда в последнем случае проявляется вследствие изменения уровня воды, за которым следует погруженный в нее лед. При этом связанный со стенкой лед создает опрокидывающие усилия при подъеме уровня в одну сторону, и при его опускании в обратную, расстраивая тем швы кладки.

Величина расширения льда при повышении температуры равна:

$$\Delta l = \alpha t_0 l,$$

где α — линейный коэфициент расширения льда $=0{,}000055$,

t_0 — повышение температуры льда, которое в среднем равно $0{,}4t$, где

t — повышение температуры воздуха,

l — длина ледяной поверхности от сооружения до противоположного берега (по нормали к сооружению).

Например, при изменении внешней температуры на 30°С, ледяной покров испытает повышение температуры $0{,}4t=12$°С и при расстоянии $l=1000$ м линейное изменение льда будет $\Delta l=0{,}000055\cdot 12\cdot 1000=0{,}66$ м.

При наличии такой ширины температурного шва или проруби впереди сооружения, вредное действие льда будет локализовано. Поэтому меры борьбы против усилий от расширения льда, а равно против его примерзания заключаются в поддержании у сооружения проруби, ширина которой колеблется в пределах от 0,5 до 2 м, в зависимости от местных климатических и других условий.

Проруби вдоль фронта сооружения устраиваются либо вручную с поддержанием ее в дальнейшем покрышкой из соломы, укладываемой на жердях поперек проруби, и с засыпкой всего устройства снегом, либо перед сооружениями (плотиной и затворами), устраиваются проталины во льду помощью сжатого воздуха. Последнее устройство применено на Кеокукской плотине (США) и шведских плотинах Пориус и Норрфорсен и дало хорошие результаты.

На Кеокукской плотине основной воздухопровод диаметром от 38 до 51 мм расположен с напорной стороны по гребню плотины, т. е. выше горизонта воды в верхнем бьефе. От него против середины щитовых пролетов (дл. по 9 м) устроен отвод диаметром 9,5 мм, загнутый вниз и опущенный в воду на 3 м.

Воздух, предварительно осушенный, подается на компрессоры производительностью 7 м³/мин. при давлении 8,5 атм. Практикой, однако, установлено, что для указанной цели достаточна производительность компрессора 3,4 м³/мин и давление 6,1 атм. Стоимость устройства определилась в 6,65 доллара на 1 п. м., а стоимость эксплоатации в течение всей зимы в 0,067 доллара на 1 п. м. плотины.

На плотине Пориус воздухопровод был уложен вдоль плотины по дну реки, причем отводы сделаны в виде отверстий в трубе. Действие указанных приспособлений основано на создании токов воды с глубоких слоев к поверхности при помощи всплывающих пузырьков воздуха. Подымающиеся более теплые частицы воды препятствуют замерзанию ее, образованию льда на поверхности и тем создают защитную полосу, препятствующую воздействию ледяного покрова на сооружение.

В качестве предохранительных от льда мероприятий могут быть упомянуты еще химические материалы, понижающие температуру плавления льда. К ним относится NaCl и $CaCl_2$ (поваренная соль и хлористый кальций), причем действие последнего сильней, чем поваренной соли. На основании данных американского профессора Барнесса установлено, что рассыпанные им на опытной площадке около 200 кв. см указанные химические продукты, в количестве по 22 г дали следующее проникновение в лед при температуре —16—19° С:

через	5 часов	NaCl	на 1,2 см	$CaCl_2$	на 15 см
»	1 сутки	»	12,7 »	»	» 20,5 см
»	2 суток	»	21,5 »	»	» 32 »

Использование химикалий для защиты сооружений от льда имеют пока лишь опытный характер.

Более подробные сведения о ледозащитных устройствах можно почерпнуть из книг А. Н. Комаровского «Действие ледяного покрова на сооружения и борьба с ним», ч. I и II (см. список литературы на стр. 292).

§ 23. Подводный (донный) лед и меры борьбы с ним

1. Условия образования донного льда

Для образования донного, или, вернее, подводного, льда в реках особо благоприятны следующие условия: значительные скорости (больше 1 м), неровная поверхность дна, создающая условия перемешивания струй, и открытая поверхность реки при температуре воздуха ниже 0°. Ветер и снег при тех же условиях усиливают процесс подводного льдообразования.

Экспериментальные исследования В. Я. Альтберга приводят к следующим положениям, объясняющим образование подводного льда. Открытая водная поверхность при низкой внешней температуре ниже 0° и надлежащее перемешивание приводят ее в переохлажденное состояние на сотые и тысячные доли градуса. При этих условиях вода подготовлена к кристаллизации, которая ускоряется при введении в нее затравки в виде снежинок

или мути, служащих центрами притяжения или ядрами кристаллизации. В природе всегда подобные условия налицо, почему процесс выделения льда наступает быстро, как только охладится вода, вследствие лучеиспускания в пространство. Однако, на каждый грамм образовавшегося льда выделяется 80 г калорий тепла, которое повышает температуру воды и, если бы при этом охлаждение лучеиспусканием не преобладало, то возможно было бы дальнейшее прекращение выделения льда. В потоках при установившемся ледяном покрове лучеиспускание почти прекращается, вследствие чего останавливается и образование донного льда.

Наиболее благоприятным периодом для массового образования подводного льда является предзимний период, пока река еще не покрылась ледяной корой, так как именно в это время и происходит интенсивное охлаждение воды. В порожистых участках реки чаще всего вовсе не наступает ледостава, а поэтому пороги являются в течение зимы постоянными источниками образования подводного (донного) льда, который сносится в нижележащие участки со спокойным течением, и, отлагаясь там под ледяной корой, образует зажоры, вызывающие подпор в реке.

Количество отлагающегося таким образом в зажорах донного льда громадно и зависит как от водной мощности потока, так и от открытой поверхности воды и от суровости зим.

По данным измерений на р. Волхове количество льда в зажоре ниже Гостинопольских порогов, т. е. в районе плотины Волховской ГЭС и ниже ее, составляло в 1923 г.—11,6 млн. куб. м, в 1924 г.— 20,6 млн. куб. м и в более слабую зиму 1924/25 г.— 6 млн. куб. м. На Лачинских порогах на р. св. Лаврентия по данным проф. Барнесса объем отложившегося донного льда составил 193 млн. куб. м.

Чтобы судить о вреде, причиняемом донным льдом, приведем несколько примеров.

В 1902 г. на р. Неве вследствие образовавшегося зажора вода поднялась на 2,75 м выше ординара, в результате чего оказались затопленными мастерские Обуховского завода. Аналогичное явление повторялось в 1903, 1911 и 1924 гг.

Донный лед на Неве служил обычно также причиной остановки работы водопровода в Ленинграде вследствие закупорки им решеток водоприемников. Подобное явление отмечено в 1925 г. на Волге в Астрахани, где также происходили перерывы в водоснабжении города. В 1928 г. образование затора было отмечено на р. Ловати, причем был затоплен город Великие Луки.

Очень крупные бедствия от той же причины происходят в Иркутске от разлива р. Ангары. В 1928 г. отмечено сильное наводнение на р. Сыр-Дарье, разлившейся от зажоров столь сильно, что местами ширина ее достигла 15 км.

Особенно часто страдают от донного льда гидросиловые установки, на которых донный лед забивает решетки турбин, причем совершенно прекращается действие станций.

В 1928 г. такая остановка произошла на Волховской гидростанции.

Турбинные галлереи Волховской станции ограждаются 8 двойными решетками, имеющими в общей сложности несколько сот кв. метров. Несмотря на столь большую площадь, поступление воды в турбины совершенно прекратилось вследствие заполнения решеток донным льдом, покрывшим решетки слоем свыше 1 м. Десятитонный кран, служащий для поднятия решеток, не мог вытащить их, так как усилие для их поднятия превышало подъемный вес крана, и тросовые тяги толщиной в 25 мм не выдерживали натяжения и разрывались. Первоначальная очистка решеток производилась водолазами, после чего решетки извлекались из воды, прогревались горячей водой и погружались вновь в воду. После установки их на место, донный лед вновь облеплял прутья и заполнял промежутки между ними и приходилось возобновлять упомянутую процедуру очистки. Напряженная работа 25 водолазов продолжалась с 11 до 16 декабря, и только вследствие образования ледостава в верхнем бьефе дальнейшее выделение донного льда прекратилось, и станция вошла постепенно в строй.

От донного льда страдают в разной степени Союзные станции, находящиеся в разных широтах. Сюда относятся Ленинаканская станция, ЗАГЭС, Ридеровская (на Алтае), Кисловодская (Белый уголь), Боз-Суйская (Ташкент), Архангельская, Саратовская и др. В том же положении находятся и гидростанции С. Америки, Швеции, Германии и Швейцарии.

2. Меры борьбы с донным льдом

Вполне радикальных мер для борьбы с донным льдом пока не найдено. Можно, однако, указать направление этих мероприятий.

1. Для борьбы с наводнениями, которые вызываются зажорами, в последнее время изобретен термит (смесь алюминия в порошке с окисью железа). При сгорании термита получается чрезвычайно высокая температура и ослепительный свет, разрушительно действующие на лед. Помощью этого препарата Барнессу удавалось на р. св. Лаврентия быстро ликвидировать громадные зажоры. Немногочисленные опыты, произведенные в советских условиях, положительных результатов пока не дали. Американский секрет удачного применения термита нам к сожалению неизвестен.

Использование для ликвидации зажоров динамита, пироксилина и других взрывчатых веществ оказывается мало действительным средством вследствие упругости кашеобразной массы зажорного льда и его способности при взрывах уплотняться или регелироваться наподобие мокрого снега.

Наиболее правильными для борьбы с донным льдом были бы профилактические средства, заключающиеся в ускорении ледостава, посредством устройства удерживающих плывущий лед и сало запаней, но осуществление этих средств обходится крайне дорого, и для больших рек не дает результатов. Опыт применения запаней на р. Волхове во время строительства гидростанции был неудачен. Применявшийся опыт замораживания порогов на р. Ниве, вытекающей из оз. Имандра и впадающей в Белое море при небольшой ширине реки (около 60—70 м), был успешней вследствие меньшего масштаба работ и устойчивых морозов.

2. В качестве мер борьбы против закупорки решеток донным льдом нет также радикальных средств. Мероприятия, которые могут дать более или менее удовлетворительные результаты, сводятся к следующему:

а) Правильному проектированию деривационных (подводящих воду) каналов с тем, чтобы в них было возможно меньше препятствий для создания водоворотов, облегчающих перемешивание струй. Этим требованиям отвечают каналы с плавным входом из реки или озера с таким же плавным подходом к водозаборным устройствам, с гладкими стенками, однообразным сечением и с малыми скоростями течения. При упомянутых условиях в каналах будет облегчено образование ледяного покрова, и будет устранено переохлаждение всей массы воды.

б) К забору воды для деривации из придонных теплых слоев, что может иметь место, если в качестве питающего станцию резервуара служит водоем со стоячей водой.

в) На речных гидростанциях полезно для целей скорейшего образования ледяного покрова не форсировать их работу в ближайшее перед ледоставом время, создавая замедленное течение в верхнем бьефе и тем ускоряя ледостав.

г) Наконец, на гидростанциях практикуется обогревание решеток, пропускание сжатого воздуха перед ними и полное удаление решеток в период интенсивного образования донного льда.

Обогревание осуществляется воздухом, паром или электрическим током. В первых двух случаях верхние концы стержней решеток выходят в закрытое пространство, образованное над ними, и горячий воздух или змеевики, через которые проходит пар, соприкасаются со свободными концами прутьев, передавая тепло по стержням, вследствие теплопроводности. Нагревание змеевиками применяется успешно в США на установке La Turque на р. Сен Морис. Обогревание воздухом считается мало эффективным при суровом климате.

Способ нагрева электрическим током применяется в Норвегии и Швеции, где климат суров. Для нагрева стержней, их включают поодиночке или группами при пропуске тока.

Опытные данные дают указание, что для стержней с сечением от 4 до 6,5 кв. см требуется для нагрева сила тока от 250 до 300 ампер и от 1,8 до 4,5 кв на 1 кв. м решетки.

Пневматический способ заключается в пропуске воздуха со дна бассейна под давлением, подобно описанному выше (§ 22, п. 2.) Действие его заключается в том, что впереди решеток образуется экран из пузырьков, увлекающих на поверхность ледяные кристаллы донного льда, которые по достижении поверхности воды отводятся затем особым лотком (установка Дефериет, Нью-Йоркской компании).

Снятие решеток практикуется в Америке на р. Сусквеанна (установка Holtwood), на р. св. Лаврентия (Cedar Rapids) и многих других, когда нет опасности попадания в турбины крупных пловучих тел. При появлении донного льда поднимаются обычно верхние секции двухярусных решеток и донный лед свободно проходит через турбины.

Литература

1. Альтберг В. Я. Известия Росс. гидрол. института № 1—3, Петроград, 1921.
2. Он же. Донный лед. Л., 1931.
3. Он же. О работах гидрофизической лаборатории в области льда (Труды IV Гидрологической конференции Балтийских стран). Л. 1933.
4. Он же. Донный лед и меры борьбы с ним. Л., 1918.
5. Он же. К вопросу о незамерзающих деривационных каналах. Журн. «Гидростр.» № 1., 1934.
6. Barnes. The Canadian Engineer, 1928, vol. 54.
7. Lüscher. Das Grundeis und daherige Störungen in Wasserlaufen und Wasserwerken.
8. Иогансон Е. И. Зимний режим р. Волхова и озера Ильмень. Л., 1927.
9. Комаровский А. Н. Действие ледяного покрова на сооружения и борьба с ним, ч. 1. М.—Л., 1933, ч. II, ОНТИ, 1933.
10. Л. Л. Владимиров. Образование льда на дне рек. Явления ледохода от всплывания донного льда. Процесы замерзания вод стоячих и текучих. СПБ, 1904. X съезд русских деятелей по водным путям.
Он же. Новые понятия о процессах замерзания рек и образовании зимних заторов льда. СПБ, 1907.
11. Инж. Гольденберг Г. Опыт зимней эксплоатации подпорных сооружений деривационных каналов и напорных трубопроводов (Журн. «Гидр. стр.», № 2, 1934).
12. В. Кригер и Дж. Джестин. Гидроэлектрический справочник, т. I. Энергиздат, 1934.
13. Вавилов А. С. Противошуговые работы на канале Боз-су в период 1926—31 и меры борьбы с шугой. Ташкент, 1933.
14. Гончаров В. Н. Некоторые наблюдения над зимним режимом южных рек. Упр. водн. хоз. Ср. Аз. (Вестн. ирригац. Янв. 1928. Ташкент).
15. Сборник С.-Петербургского округа П. С. Вып. VIII, СПБ, 1906.
Статьи о заторах на р. Неве, Волге, Дунае (инж. Ционглинского, Максимова, Литаши).

В. Гидрометрические работы

ГЛАВА X

ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ И ЕЕ ЗАДАЧИ

§ 24. Состав гидрометрической сети

Гидрометрическая сеть устраивается для изучения режима поверхностных водных объектов.

Гидрометрическая сеть является системой наблюдательных пунктов для регулярного наблюдения и определения различных фактов природы рек и, озер с целью ответа на водохозяйственные запросы и для полного гидрологического изучения Союза ССР.

1. Состав сети

Гидрометрическая сеть состоит из гидрометрических пунктов трех разрядов: первый разряд составляют гидрометрические станции с постоянными гидрометрическими наблюдениями расхода и уровня воды на реках; второй разряд составляют водомерные посты для постоянного наблюдения уровня водного потока или озера и для определения расхода воды лишь в некоторые периоды года и третий разряд — суть водомерные посты, служащие лишь для наблюдения за уровнями воды.

Гидрометрическая сеть по своему назначению в свою очередь делится: на основную, или опорную, местную и специальную.

Основная, или опорная, гидрометрическая сеть должна дать материалы для гидрометрической и водохозяйственной характеристики всего Союза, поэтому основная сеть охватывает своими пунктами все главнейшие большие и средние реки и озера Союза, судоходные, сплавные или реки, имеющие водохозяйственное значение для орошения, осушения, использования энергии, водоснабжения крупных центров и пр.

Местная сеть — это сеть наблюдательных гидрометрических пунктов (водомерных постов и станций), которая охватывает все местные объекты и дает ответы по запросам водного хозяйства и быта: об уровне воды местного потока в связи с затопляемостью селений, о верхнем и нижнем уровнях мельницы или гидростанции с малой мощностью и пр.

Специальная сеть — это сеть гидрометрических пунктов, которые обслуживают отдельные специальные водохозяйственные предприятия, например, крупную электростанцию, крупное орошение, крупное рыбохозяйственное предприятие и пр., или же занимаются изучением специальных гидрологических вопросов.

В системе Главного управления гидрометеорологической службы СССР (ГУГМС) имеются следующие специальные станции:

1) стоковые — по изучению вопросов речного стока;
2) испарительные — для наблюдения за испарением из водоемов;
3) подземные — для изучения режима подземных вод;
4) болотные — для изучения режима болот;
5) мерзлотные — по изучению гидрологического режима в условиях вечной мерзлоты;
6) специальные русловые — по изучению динамики речного русла (режим наносов, перекатов и пр.).

Помимо того, гидрологические станции делятся на речные и озерные и по подземным водам.

2. Планирование сети

При намечении сети гидрометрических станций вначале на карте крупного масштаба наносят существующую сеть или недавно закрытую (особенно действующую не менее 5 лет). Новую основную сеть намечают по признакам гидрографическим: на каждой малой реке намечают по одному посту немного выше устья (вне влияния подпора от главной реки), на реке среднего размера — в середине и вверху (например у начала лесосплава); на большой реке пункты назначаются через 50—100 км, и немного выше впадения главных притоков; на озерах — в устьях и истоках рек, а на больших озерах еще по одному посту в открытом озере (на маяке, острове и т. д.).

Дополнительную сеть, более подробную, намечают, по признакам гидрологическим, а именно выше и ниже главных порогов на реке, у группы главных перекатов и в самом мелком на реке перекате или пороге, у начала дельты или лиманной части в главных реках, на границе и в середине зоны распространения прилива у морских приливных рек, у входа и выхода реки из проточного озера, у главных переломов продольного профиля реки, у начала и конца больших пойменных ее разливов, в пунктах, где река меняет ландшафт и характер — из горной становится равнинной, далее луговой или болотной, из леса выходит в степь и т. п.

Дальнейшее уточнение сети идет по местным производственным признакам: у затопляемых высокой водой селений, у заводов и предприятий, связанных с рекой, у выхода из реки вод для орошения, у судоходных каналов, у подпорных сооружений — плотин, гидростанций и у шлюзов в верхнем и нижнем бьефах, у вероятных мест будущих гидростанций, у места забора воды водопроводом, у мест будущих водохранилищ, у больших мостов, у речных гаваней, затонов и т. п.

Далее уточняется характер пунктов намеченной на карте сети: станции I, II и III разрядов. Станции I разряда должны быть поставлены на очень больших реках в трех пунктах: вверху, в середине и близко к устью. Реки большие должны иметь по два пункта I разряда: в верхнем и нижнем течениях. Средние реки и малые, имеющие большое народнохозяйственное значение, обставляются одной станцией I разряда по возможности в нижнем течении.

Станции II разряда располагаются между станциями I разряда и на реках, где не имеется станций I разряда; эти станции располагаются по тем же признакам, что и станции I разряда. Все остальные станции являются станциями III разряда.

3. Организация наблюдательной сети на существующих водохозяйственных (ирригационных) системах

Для правильной эксплоатации водохозяйственных (ирригационных) систем требуется точный учет водопользования. Учет может быть правильно поставлен при наличии достаточного количества гидрометрических створов и замеров на них уровней и расходов воды.

Приемы гидрометрических работ на искусственных водотоках (каналах) несколько отличаются от приемов, принятых на сети естественных водотоков.

В основном гидрометрические пункты располагаются в наиболее ответственных местах систем:

а) на источнике орошения или вообще деривации выше выхода магистрального канала;

б) в голове магистрального канала;

в) в головах ветвей, отходящих от магистрального канала;

г) в головах распределителей и

д) в головах оросителей ирригационной сети.

Кроме основной сети иногда устраивается специальная исследовательского порядка сеть для освещения различных вопросов, как-то: изучение потерь на фильтрацию, испарение, определение коэфициента шероховатости, выявление степени размыва, заиления и пр. Научно-исследовательская сеть располагается непосредственно на участках исследования того или иного явления.

Для фиксации уровня воды устраиваются водомерные посты обычно реечного типа, причем рейки при наличии правильных откосов канала устраиваются наклонными (под углом откосов канала).

Ввиду того что уровень здесь резко меняется в зависимости от хода потребления воды, приходится вести иногда учащенные наблюдения (хотя бы через 3 часа). В этом случае лучше устанавливать самопишущие приборы, например, лимниграф с механизмом, приспособленным для регистрации малой амплитуды уровней (1—3 м).

§ 25. Расположение и оборудование гидрометрических станций и постов

1. Расположение гидрометрической станции и постов

Основным условиям, которым должен удовлетворять участок реки, выбранный для гидрометрической станции, является обеспеченность охвата расходами всей амплитуды колебания уровней (от самого высшего до самого низшего) и правильного интерполирования расходов воды в промежутках между их определениями. Последнее условие вызывается необходимостью получения однозначной и плавной кривой зависимости расходов воды от горизонтов $Q = f(H)$. Для этого должны быть выполнены следующие условия:

а) отсутствие переменного подпора со стороны нижележащих препятствий (плотин, мостов со стесненными отверстиями и т. д.) или устьев притоков, заторов льда и пр.;

б) неизменность всего участка, непосредственно примыкающего к посту с нижней и особенно с верхней сторон;

в) неизменность условий, влияющих на скорость, т. е. уклона и шероховатости;

г) определенность характеристик русла потока в плане, продольном и поперечном профилях; участок должен быть прямолинейным на протяжении 5—6-кратной ширины реки, поперечный профиль должен быть по возможности корытообразной формы без больших выступов и впадин, берега должны быть сжаты, с наименьшим затоплением поймы во время разлива, русло реки должно быть по возможности устойчиво по своей конфигурации, а берега мало разрушаемые при резких сменах горизонта воды;

д) устойчивость ледяного покрова, т. е. на характер его не должны влиять периодические посторонние причины, например воды от вышележащей плотины или теплые сточные воды, спускаемые в реку у населенных мест, благодаря чему получается перемежающийся ледяной покров;

е) защищенность от повреждений — подмыва берегов, сплава леса, ледохода и т. д.

Створ станции не должен находиться в районе образования в реке донного или игольчатого льда, могущих повлиять на высоту уровня и скорость течения воды и вне мест постоянных заторов.

Станции II разряда должны удовлетворять тем же условиям для участка, что и станции I разряда.

Условия участка для станции III разряда могут быть несколько упрощены по сравнению с I и II разрядами, но непременным условием является отсутствие причин, искажающих естественный уровень воды (подробнее ниже). После выбора места для гидрометрического пункта производится горизонтальная и вертикальная съемка его участка и русла, установка реперов и нивелирование постовых устройств (реек, свай).

2. Оборудование гидрометрических пунктов

а) Пункт I разряда (гидрометрическая станция).

Гидрометрическая станция состоит из водомерного поста, двух уклонных постов, служащих для измерения уклона реки, и гидрометрического створа.

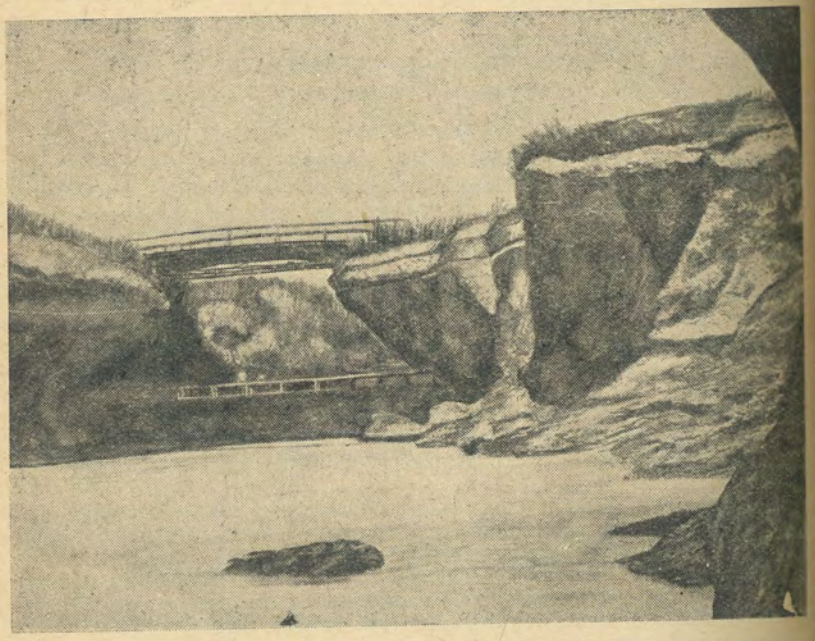


Рис. 1. Гидрометрический мостик.

Гидрометрический пункт II разряда состоит из тех же элементов, что и пункт I разряда, т. е. из водомерного поста и гидрометрического створа, но гидрометрический створ делается более упрощенного вида, чем в первом случае, так как наблюдения производятся периодически.

Гидрометрический пункт III разряда состоит только из водомерного поста.

Гидрометрический створ закрепляется сваями на том и другом берегу. Створ имеет оборудование, позволяющее перемещаться поперек реки: а) гидрометрический мостик (рис. 1), трос и лодку (рис. 2), в) понтон (рис. 3), в некоторых случаях г) гидрометрическую люльку (рис. 4).

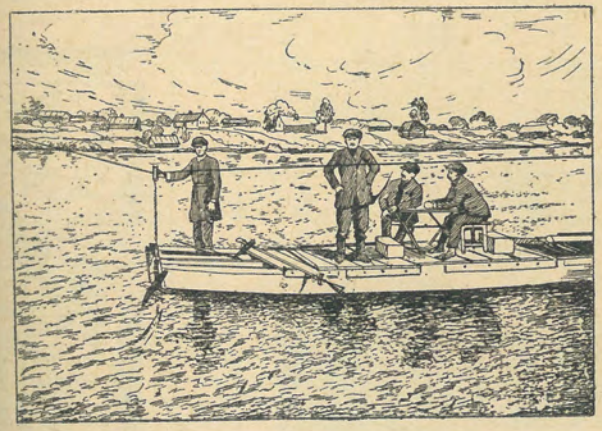


Рис. 2. Трос и лодка.

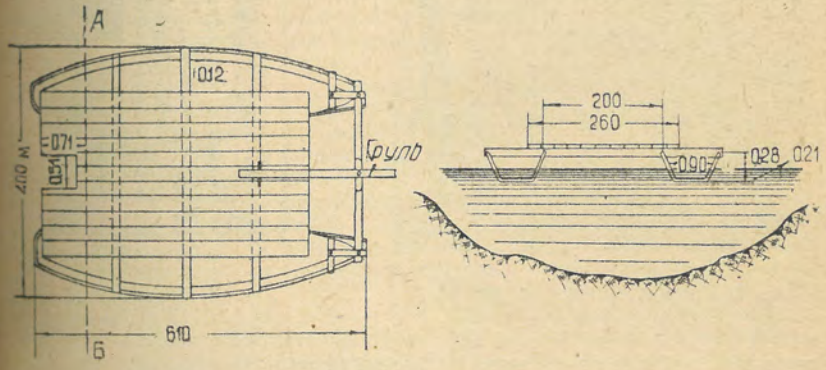


Рис. 3. Понтон.

Мостик употребляется на небольших реках или на реках мелких, с каменистым дном и быстрым течением (горные реки), где невозможно перемещение непосредственно в воде.

В реках шириной до 100 м и максимальной скоростью, не превышающей 1 м/сек., поперек реки вручную или лучше с помощью какого-либо приспо-

собления перетягивается стальной трос (диаметром 3—6 мм), прикрепляемый к прочно забитым сваям на обоих берегах реки; так как трос при измерении изгибается по направлению течения реки, то причальные сваи располагаются немного выше по течению (на 0,5—1 м) створа с целью производства промеров русел и скоростей течения непосредственно в створе. Поперечное перемещение производится на лодке, которая закрепляется на вертикали, с

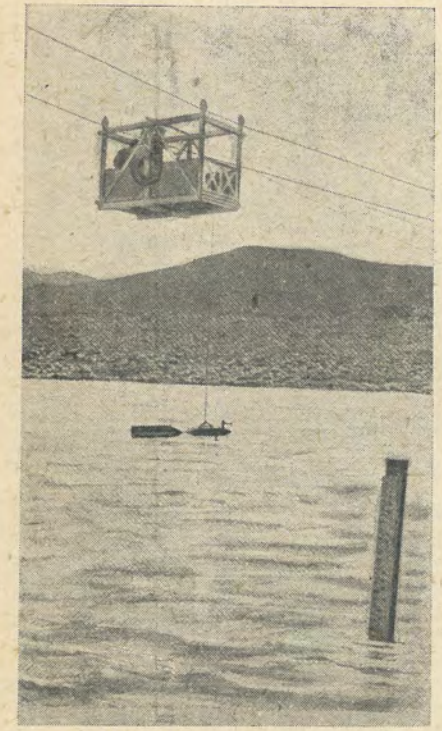


Рис. 4. Гидрометрическая люлька.

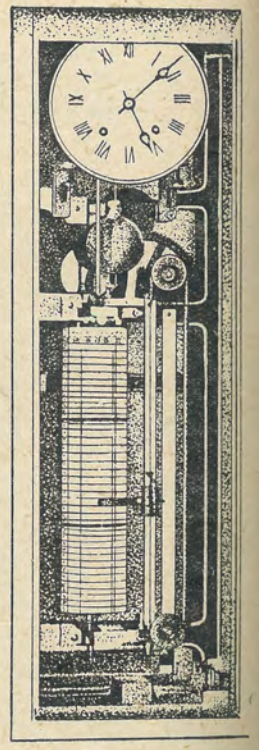


Рис. 5. Лимниграф.

носа за трос и если этого мало, то еще на якорь. При большой ширине реки и скорости трос натягивается с помощью лебедки, а для поперечного перемещения устраивается понтон, т. е. помост, положенный на две скрепленных между собой лодки; на горных реках применяется люлька, перемещающаяся поперек реки на специальном тросе (диаметром 8—12 мм).

На широких реках и в паводок при большом разливе створ оборудуется геодезическими инструментами (теодолитом или мензулой с кипрегелем) и моторной лодкой (за неимением моторной лодки — завозной) или понтоном, укрепляемым на якорях. Место вертикалей засекается с берега геодезическими инструментами.

ГЛАВА XI

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ВОДЫ

§ 26. Типы водомерных постов

Водомерные посты гидрометрических пунктов всех трех разрядов ничем не отличаются друг от друга. Все они служат для выявления изменения уровней во времени. Они состоят из реперов (каменный, бетонный, металлический, деревянный) и устройств для взятия отсчета уровня.

1. Характеристика водомерных постов по целевому назначению

Водомерные посты по целям их устройства делятся на следующие виды:

а) **Расходные посты,** устраиваемые в целях получения зависимости расходов от уровней $Q = f(H)$ и для возможности интерполяции расходов воды в промежутках между определениями. Место водомерных постов может не совпадать с гидрометрическим створом;

б) уровенные посты только для наблюдения за уровнем воды;

в) уклонные посты в целях определения уклона;

г) посты для целей предсказания паводка.

(О выборе участков для постов (*а*) расходных говорилось выше (см. § 25).

б) **Посты** (*б*) **уровенные** могут устанавливаться на любых участках. Выбор места поста зависит от чисто практических задач с возможным соблюдением основных условий, указанных ранее. В случае, когда установка поста преследует изучение приливно-отливных колебаний в море, место для поста должно выбираться с таким расчетом, чтобы не было запаздывания и затухания приливно-отливной волны.

в) **Посты уклонные.** Под уклоном может подразумеваться как мгновенный уклон водной поверхности в данном месте реки, так и осредненный уклон на достаточно большом участке или отдельные уклоны на большом участке (продольный профиль водной поверхности реки). В зависимости от назначения уклона посты различают:

1) посты мгновенного уклона;

2) посты осредненного уклона;

3) посты для определения продольного профиля.

1. Уклонный пост типа 1. Основные условия для выбора места:

а) возможная прямолинейность участка;

б) параллельноструйность участка;

в) однообразное (корытообразное) русло.

Расстояние между постами должно быть таким, чтобы падение уровня на этом расстоянии было бы не менее 10 см (посты располагаются на одном берегу).

2. Уклонный пост типа 2. Расстояние между постами определяется характером практической задачи. На участке, непосредственно примыкающем к водопосту, следует избегать больших закруглений во избежание влияния поперечного уклона.

3. Уклонный пост типа 3. Посты устанавливаются в характерных точках—переломах продольного профиля; кроме того, посты устанавливаются в нижнем конце порогов, в начале и конце озерных участков и т. д.

г) **Посты синоптические** для предсказаний паводка устраиваются—основные в пункте, для которого делается предсказание высоты уровней, и дополнительные к ним, по данным которых делаются краткосрочные предсказания. Дополнительные посты устанавливаются выше основного поста (в верховьях рек), в характерных местах изменений паводочной волны (ниже устья

притоков и в их непосредственной близости, в местах характерных переломов продольного профиля, в местах значительной расширенности поймы и т. д.). Расстояние между постами определяется скоростью движения паводочной волны.

2. Деление постов по их устройству

Водомерные посты по своему оборудованию могут быть автоматические (лимниграфные) — посты с непрерывной записью уровней, и простые (запись уровней производится в определенные сроки). Первые посты имеют большое преимущество перед вторыми, давая точную копию колебания уровней по времени, только в уменьшенном масштабе.

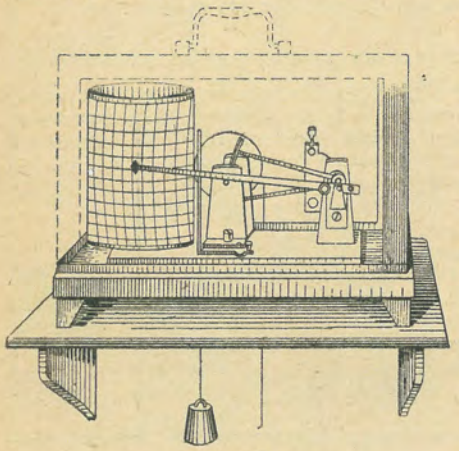


Рис. 6.

Автоматические посты особенно необходимы при следующих условиях:

а) на искусственно регулируемых реках, где изменения уровней могут быть весьма быстрыми;

б) на реках с ледниковым питанием для точного учета суточного изменения уровней;

в) для учета нагонных и приливно-отливных явлений в устьях рек.

Простые посты с прерывной записью уровней бывают следующих типов:

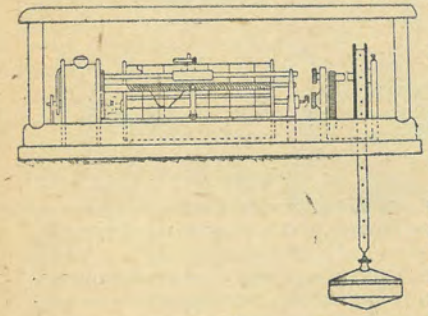


Рис. 7.

а) пост «вечный» — ступени на береговых скалах.

б) свайный;

в) реечный (вертикальная рейка, наклонная рейка),

г) мостовой, цепной и другие поплавочные устройства.

Автоматические посты. На автоматических постах регистрация уровня производится с помощью особого прибора, называемого лимниграфом. Наиболее распространенным типом лимниграфа является поплавковый (рис. 5, 6 и 7). Основные части лимниграфа следующие: 1) поплавок, который поднимается и опускается в зависимости от подъема и спада воды, 2) приспособление, передающее вертикальное движение поплавка самопищущему аппарату, 3) пишущий аппарат, 4) часовой механизм.

Лимниграф должен быть защищен от разрушительного действия ледохода, плывущих предметов и пр. Для этого лимниграфы помещаются в нише (рис. 8), вделанной в берег и достаточно защищенной, или в береговом колодце, сообщающемся с рекой подводящей трубой или рядом отверстий в стенках, или в колодце, установленном в самом русле реки. Колодец должен сообщаться с рекой так, чтобы его уровень соответствовал уровню воды в реке, чтобы влияние волнения было уничтожено или по крайней мере ослаблено.

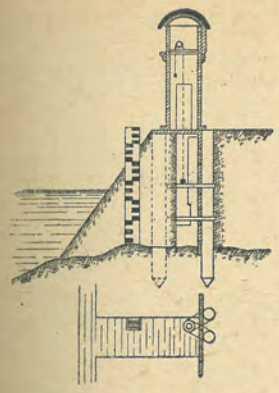


Рис. 8.

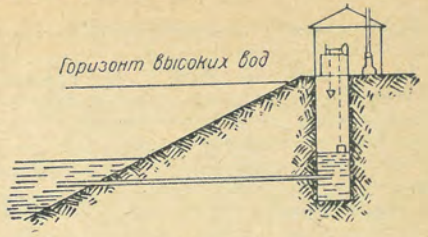


Рис. 9.

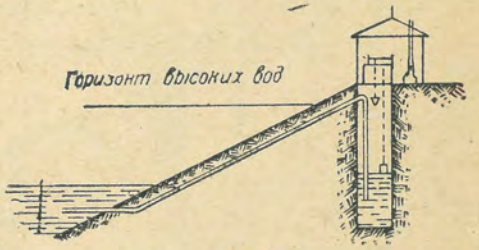


Рис. 10.

Сообщающиеся трубы могут быть прямые (рис. 9) или изогнутые (сифон) (рис. 10), защищенные от проникновения наносов. Дно колодца должно быть ниже наинизшего уровня воды в реке, чтобы поплавок плавал при самой низкой воде. Сечение колодца должно быть не менее 1 м², диаметр подводящей трубы делается от 10 до 40 см; против заиления трубы принимаются следующие меры: производится отстаивание воды в соответствующим образом расположенных коленах трубы, или делаются решетки. Колодец и подводящие трубы должны быть защищены от промерзания.

§ 27. Устройство и содержание обыкновенных водопостов

1. Вечный пост

Пост в скале («вечный») состоит из ряда площадок, высеченных в скале. Площадки, на которых ставятся переносные рейки, делаются в скалистой породе; размеры их должны быть около 15×5 см. Расстояние по вертикали между площадками делается 0,75 м (в среднем).

2. Свайный пост (рис. 11)

Сваи, составляющие водомерный пост, устанавливаются в одном створе перпендикулярно к течению реки; их количество зависит от амплитуды колебания уровней, вертикальное расстояние между головками свай берется 0,75 м (в среднем). Горизонтальное расстояние между сваями зависит в таком случае от рельефа берегов. Глубина забивки свай в землю делается не менее 2 м. В торфяном грунте сваи забиваются до подстилающей породы. Над землей свая возвышается на 10 см. Применяются обычно деревянные сваи диаметром 20—25 см. Заострение делается на конце (3 или 4 грани), острие

центрировано; в твердом грунте на низ сваи надевается железный башмак, а на верхний конец надевается бугель. Конец в земле лучше обуглить, окрасить или осмолить; сверху свая окрашивается белой краской и нумеруется. Нумерация идет сверху вниз (первый номер — самая верхняя свая). В середину головки забивается гвоздь с большой круглой выпуклой шляпкой, на которую должна устанавливаться переносная рейка (рис. 12).

Кроме деревянных свай употребляются металлические круглые сваи (чугунная, винтовая, железная), обрубки рельсов или двутавровых балок, бетонные столбы.

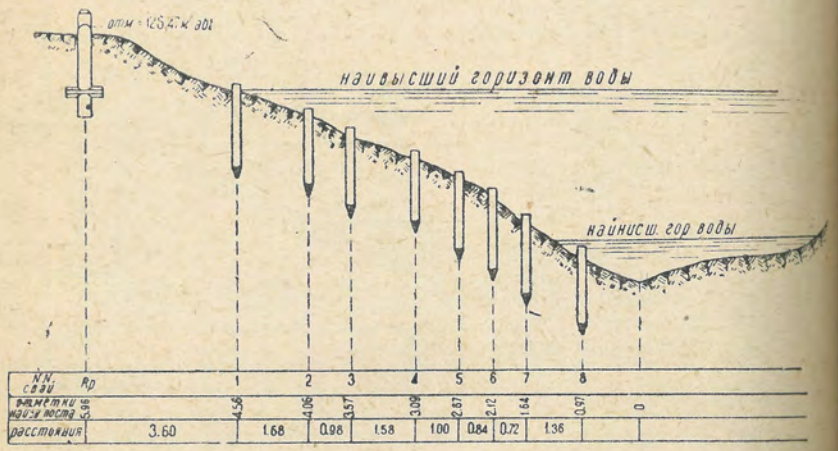


Рис. 11.

3. Реечные посты

Вертикальный реечный пост состоит из неподвижных вертикальных реек (одной или нескольких), прикрепленных к искусственному сооружению (мостовые опоры, ледорезы, набережные, части плотин, шлюзов и т. д.); за отсутствием искусственных сооружений рейки прикрепляются к отдельно забитым сваям (рис. 13). Число реек должно быть таково, чтобы можно было произвести отсчет как самого низкого, так и самого высокого горизонта. Рейки (рис. 14) делаются деревянные, длиной около 2 м, поперечными размерами 3,5—4,0 × 10 см; деления наносятся через 1 или 2 см эмалевой краской; рекомендуется делать черные деления на белом фоне. При установке нескольких реек разметка может итти от одного нуля (одна рейка является продолжением другой) или каждая рейка имеет свой нуль, расположенный на одном уровне с верхним делением нижележащей рейки; в этом последнем случае рейки нумеруются, причем верхней рейке присваивается № 1. Так как рейки легко могут быть сломаны льдом и плывущими предметами, то их следует устанавливать в защищенных местах, а если таковых не окажется, то в специально устроенных в берегах нишах (канава от реки в глубь берега). Рейки прикрепляются к дереву гвоздями, к камню и бетону с помощью штырей, втапливаемых в кладку.

Наклонный реечный пост устраивается: а) на укрепленных откосах, б) на быстрых горных реках со склонами средней

крутизны, в) для целей предсказаний, где требуется значительная точность.

Наклонные рейки удобно устанавливать на берегах, уклон которых колеблется от 20° до 60°. Они укладываются на вертикально поставленные столбы — деревянные (рис. 15) или бетонные. Дерево для реек берется в виде бруса 40×20 см или обтесанного бревна диаметром не менее 20 см. Деления на наклонных рейках наносятся с таким расчетом, чтобы их вертикальные проекции соответствовали целым сантиметрам. Разметка делается по нивелиру, которым определяются целые метры, промежуточные деления размечаются стальной рулеткой. Рейки с разными углами наклонов имеют разную величину делений.



Рис. 12.

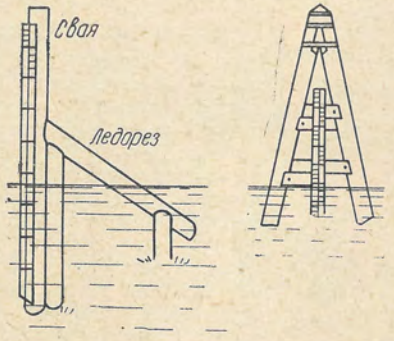


Рис. 13.



Рис. 14.

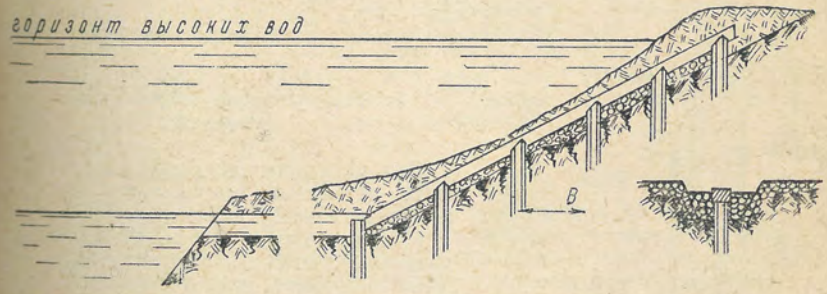


Рис. 15.

4. Мостовой, или цепной пост

В том случае когда к мостовой опоре почему-либо трудно прикрепить рейку, измерение горизонтов воды производится непосредственно с моста, для чего на мосту (пояс фермы, поручни перил, настил и т. д.) выбирается постоянная точка, привязанная к реперу, от которой каждый раз при изме-

рении уровня спускается до воды груз, подвешенный на гибкой, неизменяемой по длине нити.

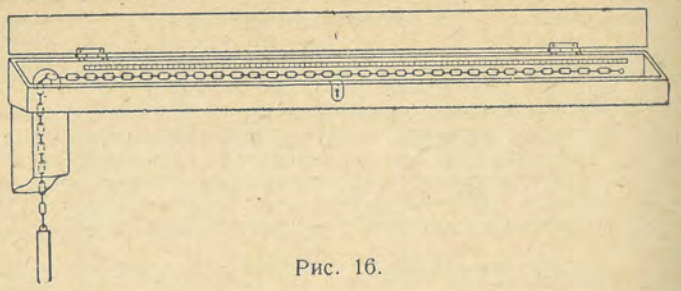


Рис. 16.

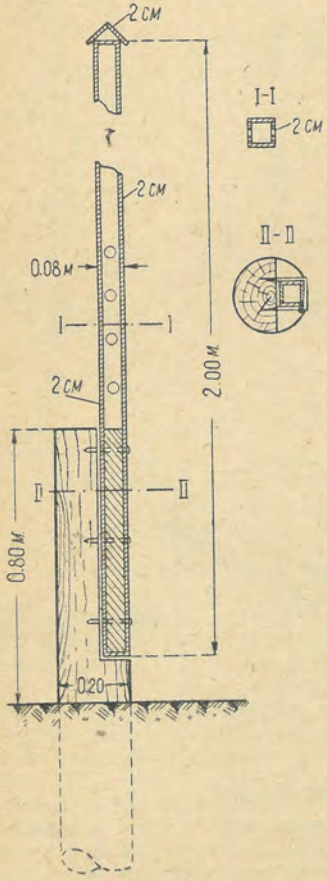


Рис. 17.

Иногда груз подвешивается к цепи (рис. 16), почему и самый пост носит название цепного поста. Употребляется этот пост на горных реках с большими скоростями, но малыми амплитудами колебания уровня. Цепь с грузом может быть опущена до воды с моста или с берега посредством консоли, представляющей собой железную или деревянную балку, опирающуюся на опору. Груз должен быть значительного веса, чтобы его не относило ветром, его нижняя часть оканчивается на конус, чтобы заметнее был момент соприкасания груза с водой. Длина опущенной цепи покажет расстояние от постоянной точки до воды, которое и будет отсчетом уровня. Длина цепи измеряется по шкале — горизонтальной рейке, прибитой к мосту или установленной на берегу.

5. Фиксирование максимальных уровней

Для фиксирования наивысшего горизонта на постах применяются автоматические указатели.

К простейшим указателям для фиксирования высшего горизонта могут быть отнесены следующие приспособления.

Из досок (рис. 17) сколачивается прямоугольная труба длиной, равной возможной амплитуде колебаний максимальных уровней за многолетие; стенки трубы просверливаются на расстоянии через 20 см по высоте. К одной из внутренних граней прикрепляют водомерную рейку с сантиметровыми делениями и ее окрашивают разведенным мелом. Верх ящика закрывается крышкой. Или же в свае на ту же длину, как указано выше, выбирается четверть, заглубленная до сердцевины дерева. В образовавшийся паз к одной стороне его прикрепляется водомерная рейка с сантиметровыми делениями, покрытая разведенным мелом, и закрывается с наружной стороны доской с просверленными дырами через 10—20 см. Верх сваи покрывается крышкой.

Вместо деревянной трубы можно применить такой же длины металлическую трубу диаметром 3,5—5 см с отверстиями через 5 см по высоте. В верхнем конце трубы делается внутренняя нарезка для навинчивания на трубу крышки, с внутренней стороны которой припаян металлический стержень, разделенный на сантиметры, диаметром несколько меньше внутреннего диаметра трубы. К стержню прикрепляется во всю длину его полоска обыкновенной белой бумаги и вдоль бумаги проводится черта литографскими чернилами или мягким чернильным карандашом.

С поднятием уровня вода размывает мел на рейке или черту на бумаге стержня; граница побелки или нижний конец неразмытой черты и будет максимальным уровнем водотока. Если амплитуда колебаний уровней выше 1,5—2 м, то лучше водомер разделить на несколько частей и расположить их так, чтобы низ верхней части находился на уровне верха нижней части.

Трубы прикрепляются при помощи хомутов из железных полос к набережным устоям мостов, стенкам водослива, к отдельно стоящим сваям, но с таким расчетом, чтобы они не могли быть сорваны водой или плывущими предметами.

При установке трубы в водохранилище ее располагают в 5—10 м от водослива, причем нуль ее желательно расположить на одном уровне с порогом водослива и ни в каком случае не выше его.



Рис. 18.

Кроме вышеописанных реек распространенным типом максимальных и минимальных реек является зубчатая рейка с поплавочным индикатором (рис. 18).

После установки рейки на место определяют ее нивелировочную отметку, связывая ее с ближайшим репером; при установке рейки у водослива нуль ее связывают нивелировкой с порогом водослива.

6. Составление технического списка поста

Так как на основании данных о посте, заносимых в так называемый технический список, в дальнейшем ведется вся обработка наблюдений за уровнем, то технический список поста должен составляться с особой тщательностью и иметь ответы на все поставленные в нем вопросы. Особенно тщательно должны быть описаны репера, все сваи и рейки и даны их отметки в метрах как абсолютные или условные, так и над нулем графика, причем за нуль графика берется отметка несколько ниже отметки дна створного сечения во время открытия поста, и эта отметка остается одна и та же во все время существования поста. Приложенные к техническому списку план и профиль створа (в самом техническом списке или отдельно) должны быть сделаны в масштабе и с указанием всех размеров как горизонтальных, так и вертикальных (в абсолютных или условных отметках и над нулем поста).

Ниже приводится форма технического списка поста.

Форма

ТЕХНИЧЕСКИЙ СПИСОК ВОДОМЕРНОГО ПОСТА №_____

1. Река (канал, озеро) _____

2. Республика (область) _____, (округ) _____,

(район)_____,

(селение) _____

3. Почтовая контора_____

_____

4. Телеграфная контора _____

_____

5. Железнодорожная станция или пристань_____

_____

6. Ближайшее селение _____(город)

_____

Сообщение поста с ними по дороге _____

_____

_____

_____

_____

7. Адрес почтовый _____

» телеграфный _____

8. Ведомость наблюдателей поста:

№ по пор.	Фамилия, имя и отчество	Время		Род занятий	Образование	Расстояние от жилища до поста	Причины оставления службы
		Поступления	Увольнения				
1							
2							

9. Оценка наблюдений _____

10. Пост открыт_____числа_____месяца_____

_____года, кем _____ находится в ведении_____

11. Целевое назначение поста _____

12. Роль поста в сети_____

13. Координаты поста: широта_____ долгота_____

По карте издания_____в масштабе_____19__ г.

14. № листа международной карты _____

15. Расстояние поста от устья реки_____ км по карте издания _____

_____ в масштабе _____

16. От устья ближайших притоков: вверх по течению, вниз по течению_____

17. Положение поста относительно островов, перекатов, порогов_____

18. Бассейн реки от верховьев до поста _____кв. км по карте издания

_____в масштабе_____ 19__ г. _____

19. Питание реки _____

20. Основной характер реки _____

21. Режим реки: характер весеннего паводка_____, межени, зимних условий

22. Паводки: их происхождение, частота, интенсивность, внезапность _____

23. Даты и размеры особо катастрофических паводков, причиненные ими разрушения _____

24. Ледоход и ледостав, их характерные даты_____

25. Вскрытие, его характер и даты _____

26. Возможность зажоров _____

27. Местоположение поста (берег правый, левый) _____

28. Есть ли парный пост на_____ берегу_____

кривизна участка _____

29. Наличие естественного или искусственного порога-регулятора, его расстояние от поста _____

высот гребня _____

до каких горизонтов действителен _____

30. Оценка выбранного участка _____

31. Близость переката, его характер _____

32. Изменчивость русла _____

33. Иные условия, могущие вызвать переменный подпор _____

34. Уклон при низкой воде, высокой воде _____

35. Скорости при низкой воде, высокой воде _____

36. Характер берегов правого, левого _____

37. Ложе реки_____

38. Характерные наносы _____

39. Пойма _____

40. Ширина реки при низкой воде, высокой воде _____

41. Число рукавов при низкой воде, высокой воде_____

42. Зарастаемость водной растительностью _____

43. Иные условия, могущие вредить действию поста _____

44. Наличие судоходства и сплава _____

45. Использование реки _____

46. Точное расположение постового устройства _____

47. Тип роста _____

48. Подробное описание _____

49. Репера, их местонахождение, описание и пр. _____

50. Условные и абсолютные отметки реперов и постовых устройств _____

51. Дополнительные инструментальные наблюдения _____

52. Наблюдения за температурой воды _____

53. Наблюдения за температурой воздуха _____

54. Дополнительные глазомерные наблюдения _____

55. Частота ежедневных наблюдений зимой, летом _____

56. Сроки их _____

57. Порядок производства паводочных наблюдений _____

58. Способы извещения _____

59. Порядок производства зимних зажорных наблюдений _____

60. Способы извещения _____

61. Особые замечания _____

62. Ведомость реперов поста

№	Материал	Способ остановки	Условная отметка м.	Абсолютн. отметка м.	С какого времени существ.	Примечания

63. Чертежи реперов поста с указанием на них мест для установки рейки, надписей и размеров реперов.

64. Схематический профиль поста с указанием размеров вертикальных и горизонтальных. Обязательно должны быть показаны репера, сваи, рейки, горизонт воды в день и час составления описания, отметки реперов, головок свай и нулевых делений реек, номера и горизонтальные расстояния между реперами, сваями и рейками (в метрах).

65. Схематический поперечный профиль реки по створу поста с указанием: горизонтальных расстояний от репера (или верхней сваи-репера) и условных отметок профиля относительно той же точки. Обязательно должны быть показаны: принятая для нивелировки (ватерпасовки) отметка репера (или сваи-репера) и отметка горизонта воды в день и час составления описания (размеры в метрах).

66. Схематический план участка реки в районе расположения водопоста с указанием направления магнитной стрелки, свай поста, реек, реперов, притоков, селений и прочих местных характерных точек *.

67. Фотографии поста.

68. Описание свай

№ свай	Расстояние от репера	Материал	Длина (в м)	Поперечн. размер (в м)	Глубина под землей (в м)	Способ установки **	Способ укрепления головок свай ***	Условная отметка (в м)	Примечания

69. Описание реек

№ реек	Длина (в м)	Поперечные размеры (в см)	Способ обозначения	В каких мерах деления	К чему и как прикреплена рейка	Условные отметки нуля рейки (в м)

70. Сведения об изменении и замене свай и реек

№ свай или реек	Повреждения			Исправления		
	Число, месяц и год	Условная отметка до повреждения	Описание повреждения	Число, месяц и год	Условная отметка после починки (в м)	Описание исправления

Дата заполнения техн. списка _____

Подпись заполнявшего список _____

* Длина показываемого на плане участка должна быть не менее пятикратной ширины реки.

** Забита, закопана, завинчена.

*** Голова окована железом (колпак), забит гвоздь с широкой шляпкой.

7. Содержание поста

а) **Проверка поста.** Не менее чем дважды в год—перед половодьем и после него должны быть проведены: нивелировка всех нулей наблюдений и промеры русла (если приходится ограничиться проверкой один раз в год, то она производится после весеннего паводка).

б) **Ремонт поста.** В случае повреждения сваи или рейки или ввиду их ветхости они заменяются новыми того же типа. Новые сваи и рейки получают новые номера и привязываются к реперу нивелировкой. При устройстве дополнительных водомеров (свай или реек) всем этим водомерам даются новые номера. Если головки некоторых свай размочалились, можно их спиливать, в случае выпирания сваи из земли сваю следует забить (если явление выпирания повторяется, нужно забить новую сваю на большую глубину), но в том и другом случае сваи привязываются к реперу.

При ветхости всех установок старые уничтожаются, и на их место устанавливаются новые сваи или рейки.

в) **Перенос поста.** Перенос поста разрешается только в крайнем случае (когда устроенный пост оказался в условиях, не отвечающих элементарным требованиям выбора участка, или когда местные условия изменились, так, например — вблизи построено гидротехническое сооружение, искажающее режим реки) и каждый раз с согласия центрального учреждения, ведающего гидрометрической службой. При переносе постов старый пост функционирует одновременно с новым в течение года для установления связи между наблюдениями.

§ 28. Производство наблюдений над уровнем воды

Сущность наблюдений за горизонтом воды заключается в определении во времени повышения и понижения уровня воды относительно постоянной точки-нуля графика (головка сваи, нуль рейки, метка на мосту), отметка которой (абсолютная, условная) известна.

1. Сроки наблюдений

Частота наблюдений устанавливается для каждого водопоста особо, сообразно с его целевым назначением. Какова бы ни была частота наблюдений, для однообразия обязательным сроком наблюдения является на постоянном водомерном посту в течение круглого года ежедневно одно наблюдение в 7 часов утра. Кроме этого обязательного срока наблюдений, уровни воды измеряются еще два раза, обычно в 13 и 19 часов, причем для рек ледникового питания добавочные сроки могут быть изменены — дневные должны совпадать с моментом максимального подъема, и вечерние — с моментом спада (устанавливаются эти сроки путем изучения данной реки и участка); часто на широких реках вводится еще 4-й срок наблюдений, диктуемый местными условиями. Для рек, искусственно регулируемых, или устьевых рек необходима непрерывная запись наблюдений с помощью лимниграфа. В весенние паводки число сроков наблюдений может быть увеличено до 5 и более (доб. 10 и 16 часов и др.). с обязательной установкой максимальной рейки.

Максимальный уровень может быть определен еще следующим простым способом: перед началом паводка забеливают разведенным водой мелом неподвижные предметы на берегу, находящиеся в пределах поста (деревья, постройки, заборы и др.). Сейчас же после спада воды на верхней границе размыва мела делают прочной краской или зарубкой метку. Позднее, при проверке поста, эту метку привязывают к реперу.

2. Производство основных наблюдений

Наблюдения должны производиться непременно каждый день в указанные часы с возможной точностью, для чего необходимо:

а) наблюдателю хорошо изучить местоположение всех водомерных устройств;

б) содержать пост в исправности, т. е. очищать сваи и рейки от наносов, а зимой скалывать лед вокруг них;

в) выходить к месту наблюдений заблаговременно, чтобы осмотреть пост и убедиться, что он исправен (особенно это важно весной);

г) переносную рейку устанавливать узкой гранью вдоль реки на середину торца (если вбит гвоздь, то на его шляпку);

д) при волнении брать средний отсчет между наибольшими и наименьшими прочитанными делениями.

В случае обнаружения повреждения сваи или рейки производят отсчет по соседним ближайшим водомерным сваям или рейке; если и этого сделать нельзя, тогда забивают достаточно прочные временные колья (чтобы они сохранились до приезда техника) и находят их превышение или понижение относительно ближайших водомерных устройств. О всех замеченных повреждениях и произведенных исправлениях сейчас же записывают в талонах в соответствующие дни. В случае значительных повреждений, грозящих прекращением наблюдений, немедленно сообщают в учреждение, непосредственно ведающее постом.

Запись наблюдений. Запись наблюдений ведется в полевом журнале, по установленной форме (см. ниже). Записи делаются непосредственно в поле у водомерного поста, причем записываются номера сваи или рейки, по которым производят отсчет, и самый отсчет. Отсчеты записываются в сантиметрах целыми числами (12, 125 см и т. д.), причем если вода стоит ниже головки сваи или нуля неподвижной рейки, то в журнале пишут перед цифрой отсчета слово «ниже».

3. Добавочные наблюдения на водопостах

а) **Наблюдения над температурой воды.** Особенно тщательно наблюдения над температурой воды производятся летом для рек ледникового питания. Для рек с зимним режимом—важным периодом наблюдений над температурой является период вскрытия и замерзания рек.

Наблюдения над температурой воды производятся в 7 час. термометром с капсулой, с точностью до 0,1° (рис. 19) или термометром с большой инерцией, защищенным от влияния воздуха термоизолятором (веревки, эбонит).

б) **Наблюдения над температурой воздуха** производятся термометром-пращом в тени после вращения его в течение трех минут (необязательно).

в) **Измерение толщины льда.** Как только река покрывается достаточно толстым льдом, позволяющим ступать на него, приступают к измерению толщины льда.

Измерения ведутся специальной рейкой (длиной в 1,50—2,00 м) раз в декаду, каждый раз в новой лунке (желательно измерять в двух лунках— у берега и ближе к середине) или в одних и тех же лунках. В первом случае водомерная рейка имеет форму клюки (рис. 20), во втором случае, ввиду намерзания льда в проруби, рейка делается с длинным подкосом (рис. 21). Для удобства работы вмораживают заподлицо с верхней поверхности льда в начале зимы две дощечки по обеим противоположным сторонам лунки.

В первой рейке нуль рейки совпадает с верхней гранью поперечины, во второй рейке (нуль рейки находится в одной горизонтальной плоскости с

ПОЛЕВАЯ КНИЖКА

для односрочных наблюдений

на речной / озерной станции

Управление Гидрометеорологической Службы Союза ССР

№	Тип	Разряд

Место для штампа Районного Бюро

Месяц	Год

Название реки (озера) — На каком берегу

Местоположение станции

Фамилия, имя и отчество наблюдателя

ПОВРЕЖДЕНИЯ

Число	Наименование	Описание повреждения	Дата ремонта

ОТМЕТКИ ИНСПЕКТОРОВ И ТЕХНИКОВ

	Число	Результат	Расписка
Инспекция			
Ремонт водомерного поста и оборудования станции			
Нивелировка водопоста			
Промер по створу поста			

Число	Уровень воды: № сваи	Отсчет по рейке	№ сваи	Отсчет по рейке	В принятых отметках	Температура воды	Мутность (прозрачность)	Волнение	Погода за день	Сведения о вскрытии, замерзании, ледоходе, ледоставе, заторах, зажорах, донном льде и о других явлениях
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										

Число	Уровень воды: № сваи	Уровень воды: Отсчет по рейке	Уровень воды: Отсчет, по рейке	Уровень воды: № сваи	Уровень воды: Отсчет по рейке	Уровень воды: В принятых отметках	Температура воды	Мутность (прозрачность)	Волнение	Погода за день	Сведения о вскрытии, замерзании, ледоходе, ледоставе, заторах, зажорах, донном льде и о других явлениях
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											

Если в исключительных случаях уровень можно отсчитать только вниз по свае, то перед отсчетом поставить знак —.
Наблюдения производились в ... часов.

Периодические наблюдения

Вид наблюдений \ Даты	1-го	11-го	21-го
Водная растительность			
Ледяной покров на середине реки: Поверхность лед. покрова			
Ледяной покров на середине реки: Толщина снегов. покрова в см			
Ледяной покров на середине реки: Толщина льда в см			
Ледяной покров на середине реки: Толщина шуги под льдом в см			
Ледяной покров на середине реки: Структура льда			
Ледяной покров на середине реки: Глубина воды в лунке в см			
Ледяной покров на середине реки: Уровень воды в лунке (от верхн. кромки льда) в см			

№ и дата взятия пробы для химического анализа

№ и дата взятия пробы для гидробиологич. анализа

Различные явления (проход судов и сплав, переход и проезд по льду, разрушения берегов при паводках и ледоходе и др.)

Отметки о производстве сверхсрочных наблюдений

Подпись наблюдателя | Дата отправки на почту

верхом закругления (подкоса); деления идут вверх и вниз от нуля. Измерения производятся, как указано, причем могут быть три случая: вода стоит в проруби *а*, вода стоит ниже льда *б* и вода стоит сверх льда *б*.



Рис. 19.

Данные наблюдения записываются непосредственно у поста в полевые книжки в соответствующих графах, причем толщина льда записывается в целых сантиметрах. Во всех случаях указывается расстояние в сантиметрах от воды до поверхности льда.

г) **Наблюдения над состоянием погоды и реки.** Кроме наблюдений за колебанием уровня воды наблюдатель в той же книжке записывает и сроки наблюдений, состояние погоды (ясно, пасмурно, дождь, снег, сила и направление ветра и т. д.). Особенно важно записывать дождь как показатель быстрого подъема воды. На реках, имеющих зимний режим, отмечаются в соответствующие дни сало, ледостав, ледоход и измеряется толщина льда. Отмечаются также мутность воды, волнение, а также проход судов, леса и пр.

Все такие наблюдения записываются в книжку особыми условными знаками и цифрами.

Все измерительные рейки (водомерные, ледомерные) после работы должны вытираться насухо и храниться в чистом помещении.

Все сведения, записанные в поле, сейчас же переносятся в корешок талона, и не позднее трех дней по окончании месяца наблюдатель обязан переслать полевую книжку или талон в учреждение (районное, областное, краевое и т. д.), в ведении которого находится пост, оставив у себя точную копию в годовом журнале.

§ 29. Обработка водомерных наблюдений

Водомерные наблюдения должны быть достаточно полны, чтобы на основании их можно было выявить как средние, так и крайние значения изучаемых величин. Таким образом результат обработки водомерных данных должен обрисовать высоту уровня при всех возможных состояниях реки и давать те нормы, около которых происходят колебания уровня, а также те пределы, в которых эти колебания могут заключаться.

Для детального описания режима реки проводят более дробное деление годового периода, давая главные значения высоты уровня воды для отдельных месяцев.

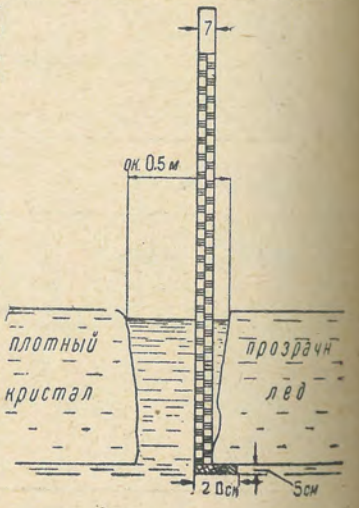


Рис. 20.

1. Начало гидрологического года

За годовой цикл для водомерных наблюдений принимается время с 1 января по 31 декабря (гражданский год), и для увязки гидрометрических данных с метеорологическими данными производят обработку тех и других данных за гидрологический год. Начало гидрологического года должно совпадать с началом накопления влаги в форме снежных запасов, когда сток идет за счет грунтового питания, а так как зимний период наступает в разных районах в разное время, то и гидрологический год имеет различные даты.

В среднем время для гидрологического года у нас принимают: для северной части Союза — с 1 октября по 30 сентября, для южной части Союза — с 1 декабря по 30 ноября и для средней части Союза за начало года можно принимать время между 1 октября и 1 декабря.

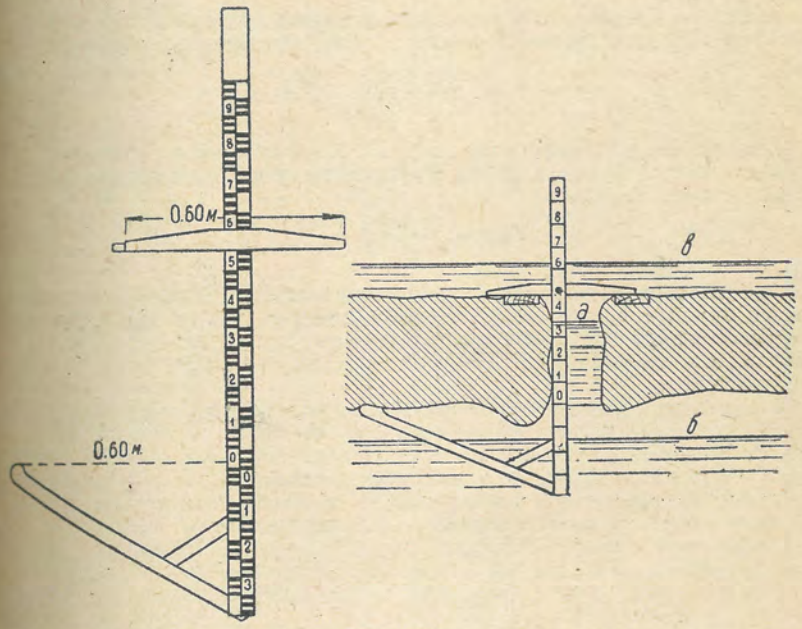


Рис. 21.

В районах, где зимнего запаса снега совсем не имеется или снега так мало, что он не оказывает существенного значения на режим реки, там начало гидрологического года выбирается по иным признакам; так, например, в Средней Азии за начало гидрологического года берется начало невегетационного периода (с 1 октября).

Методы обработки уровней одинаковы как для гражданского, так и для гидрологического года.

2. Составление ведомости ежедневных горизонтов воды

Все полевые записи горизонтов воды приводятся к одному горизонту, так называемому нулю графика.

Для приведения горизонта воды к нулю графика определяют сначала отметки всех водомерных устройств (головки свай, нули реек, метки на мосту и т. д.) относительно отметки нуля графика и уже к этим величинам прибавляют или вычитают (смотря по тому, стоял ли горизонт воды выше водомера или ниже его) соответствующие полевые отчеты.

По полученным данным определяют средний горизонт за сутки.

а) Если наблюдения производились один раз в день, то за средний горизонт за день принимают это показание.

б) Если наблюдения велись два раза в день (7 час. и 19 час.), то средний горизонт за день определяется как среднее арифметическое этих величин.

в) Если наблюдения над уровнем воды велись три раза в течение суток (7, 13 и 19 час.), то средний горизонт за сутки определяется по формуле:

$$h_{ср} = \frac{3h_7 + 2h_{13} + 3h_{19}}{8}.$$

Для этих же сроков наблюдений (7, 13, 19 ч.) средний горизонт за сутки может быть найден без большой погрешности проще, как среднее арифметическое трех отсчетов:

$$h_{ср} = \frac{h_7 + h_{13} + h_{19}}{3}.$$

Средние горизонты за день вписываются в особую ведомость ежедневных уровней воды; в случае отсутствия наблюдений подряд не более трех дней и в период малых колебаний уровней (в межень и зимние месяцы) промежутки заполняются отсчетами, взятыми по интерполяции между двумя ближайшими уровнями.

В ведомости ежедневных уровней воды имеются графы, в которых вписываются различные статистические выводы по месяцам и за год. Образец ведомости ежедневных уровней прилагается (см. табл. на стр. 319).

Статистическая обработка данных горизонта воды. Основные данные, получаемые из водомерных наблюдений, — это высший, низший и средний горизонты воды и дополнительные — 1-й квадрильянный, медианный, 2-й квадрильянный, наиболее частые горизонты (необязательно).

Горизонты низший, средний и высший, 1-й квадрильянный, медианный, 2-й квадрильянный и наиболее частый по отдельным месяцам определяются так.

Из всех месячных значений горизонтов выбираются наибольшие и наименьшие; эти значения выписываются в соответствующие графы, а под ними выписывается дата их. Если наибольшее и наименьшее значения встречаются несколько раз, то для дат выписываются все те числа, когда эти значения встречаются.

Средний горизонт за месяц берется как среднее арифметическое всех значений горизонтов за месяц.

Для вычисления квадрильянных и медианного горизонтов в особые черновые бланки выписываются в возрастающем порядке все месячные значения уровня. Полученный ряд делится на 4 равные промежутка. Горизонты, находящиеся на границах между 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4-м промежутками, будут 1-м квадрильянным, медианным и 2-ми квадрильянными горизонтами.

Если обозначить через n число всех значений в ряде, то всех промежутков в нем будет $n-1$, а следовательно будет для 1 четверти ряда $^1/_4\,(n-1)$, для половины ряда $2\cdot{}^1/_4\,(n-1)$, для трех четвертей ряда $3\cdot{}^1/_4\,(n-1)$ промежутков (интервалов).

Образец ведомости ежедневных уровней воды

_____год Ежедневные уровни воды

Область _____ Река _____

Пост _____ за № _____; расстояние от устья _____ км

Отметка нуля __ м над _____. Площадь бассейна стока __ км²

Числа	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
____год Низший												
Дата												
Средний												
Высший												
Дата												
1-й квадрильян.												
Медианный												
2-й квадрильян.												
Наиболее частый												

При $n = 31$ дню интервал для $^1/_4 (n - 1)$ будет равен $7\,^1/_2$ дням, при 30 днях — $7\,^1/_4$ дням, 29 днях — 7 дням, 28 днях — $6\,^3/_4$ дням. Исходя из этих соображений для месяцев, имеющих 31 день, за первый квадрильянный горизонт берется значение, соответствующее $8^1/_2$ порядкового числа ряда (граница первой четверти ряда, т. е. $7\,^1/_2$ промежутков+1); а так как значений для $8\,^1/_2$ порядкового числа ряда не имеется, то оно берется как среднее арифметическое значение для 8 и 9 чисел ряда. Для медианного горизонта $2 \cdot ^1/_4 \cdot (n - 1)$ берется значение 16-го числа, для 2-го квадрильянного $3 \cdot ^1/_4 (n - 1)$ берется значение $23^1/_2$ числа, т. е. среднее арифметическое между 23-м и 24-м числами. Для месяцев, имеющих 30, 29, 28 дней, поступают так же. Все указанные выше значения сведены в таблицу

Наименование	Порядковое значение чисел ряда по месяцам												
	Январь	Февраль 29 дн.	Февраль 28 дн.	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1-й квадрильянный . . .	$8^1/_2$	8	$7^3/_4$	$8^1/_2$	$8^1/_4$	$8^1/_2$	$8^1/_4$	$8^1/_2$	$8^1/_2$	$8^1/_4$	$8^1/_2$	$8^1/_4$	$8^1/_2$
Медианный .	16	15	$14^1/_2$	16	$15^1/_2$	16	$15^1/_2$	16	16	$15^1/_2$	16	$15^1/_2$	16
2-й квадрильянный . .	$23^1/_2$	22	$21^1/_4$	$23^1/_2$	$22^3/_4$	$23^1/_2$	$22^3/_4$	$23^1/_2$	$23^1/_2$	$22^3/_4$	$23^1/_2$	$22^3/_4$	$23^1/_2$

Для определения наиболее частого горизонта данные выписываются в особую ведомость, где в возрастающем порядке выделяются группы с амплитудой колебания в 10 см и подсчитывается для каждой группы число дней, входящих в нее. Затем в ведомости ежедневных уровней воды выписывается группа наибольшего числа дней стояния горизонтов (при одинаковом числе дней стояния выписываются все группы). Выписка производится в виде дроби: в числитель выписываются горизонты группы, а в знаменатель — число дней.

Обработка за год производится по тому же типу, что и по месяцам.

Высший и низший горизонты и даты их за год выбираются как высший и низший горизонты из всех годовых наблюдений.

Выборку 1-го квадрильянного, медианного, 2-го квадрильянного, наиболее частых горизонтов за год проводят по ведомости продолжительности стояния горизонтов воды, где все горизонты выписаны группами с амплитудой в 10 см в возрастающем порядке по высоте уровня. Пользуясь формулами для 1-го квадрильянного $^1/_4(n-1)+1$, медианного $2 \cdot ^1/_4 (n-1)+1$ и 2-го квадриальянного $3 \cdot ^1/_4 (n-1)+1$, где n — число дней в году (365 или 366), находят для них порядковое значение ряда.

Полученные значения сведены в следующую таблицу:

Наименование	Порядковое значение чисел ряда за год	
	Високосный год	Обыкновенный год
1-й квадрильянный . . .	$92^1/_2$	92
Медианный	$183^1/_2$	183
2-й квадрильянный	$274^3/_4$	274

Наиболее частый горизонт, встречающийся за год, берется из ведомости продолжительности стояний и соответствует интервалу с наибольшим числом дней (в ведомости наиболее частый горизонт подчеркивается).

При одинаковом числе дней стояния выписываются все эти группы.

Выписка производится в виде дроби; в числитель вписываются горизонты, а в знаменатель — число дней.

В той же ведомости ежедневных уровней воды имеются графы для заполнения данных: расстояние поста от устья в километрах, площадь бассейна стока в кв. километрах и пр.

Расстояние поста от устья определяется по карте циркулем-измерителем (раствор 2—3 мм) или курвиметром, что является менее точным.

Площадь бассейна определяется по карте при помощи планиметра двукратной обводкой. При этом разница в обводке не должна превышать 2—3 делений. Перед обводкой производится определение цены одного деления планиметра.

В районах, в которых водотоки имеют большое значение для ирригации, записывают также низкий ирригационный горизонт, ниже которого вода может держаться не свыше известного числа дней (число дней диктуется местными условиями). Записывают, где это имеет значение, горизонт, при котором начинают заливаться жилые места, пойменные луга и т. д., записывается средний меженний горизонт, т. е. наиболее частый из низких уровней.

В ведомости ежедневных уровней воды слева цифр изображается: ледостав — сплошной чертой, ледоход — пунктиром, сало — точечным пунктиром.

Обработка по гидрологическим периодам. Обработка уровней по гидрологическим периодам производится аналогично с вышеуказанной обработкой за год, только разница в том, что при обработке квадрильянных и медианных горизонтов в формулу $\frac{n-1}{4}$ вместо n подставляют число дней в периоде.

3. Графическая обработка водомерных данных

а) **Составление графиков горизонтов воды.** Для того чтобы нагляднее представить ход колебаний уровней воды, составляется график ежедневных горизонтов воды (рис. 22). График составляется по ведомости ежедневных уровней воды в условных отметках над нулем графика или в абсолютных отметках над уровнем моря. По оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат — уровни воды, концы ординат соединяются плавными или прямыми линиями, на графике вверху отмечается появление сала, ледохода и ледостава, сало обозначается точками, ледоход — пунктиром, ледостав — сплошной чертой.

Масштаб для вычерчивания графиков горизонтов воды принимается в зависимости от величины амплитуды колебаний уровней, примерно график хорошо укладывается на двух форматках (форматка — размер листа писчей бумаги).

Графики по отдельным годам группируются по 5- и 10-летиям или за весь период наблюдений на один чертеж. Для различия наблюдений по годам графики изображаются разными цветами.

б) **Составление графика повторяемости (частоты) и продолжительности (обеспеченности) стояния горизонтов воды за год.** Годовой график повторяемости и продолжительности стояния горизонтов воды (рис. 23) составляет-

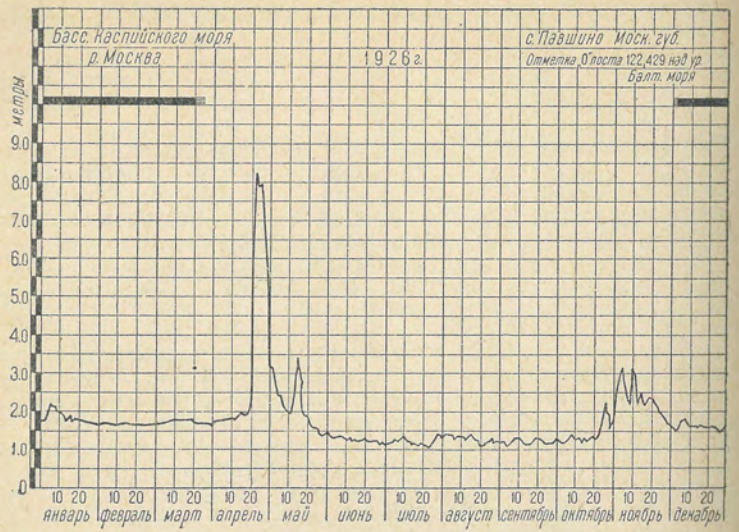


Рис. 22.

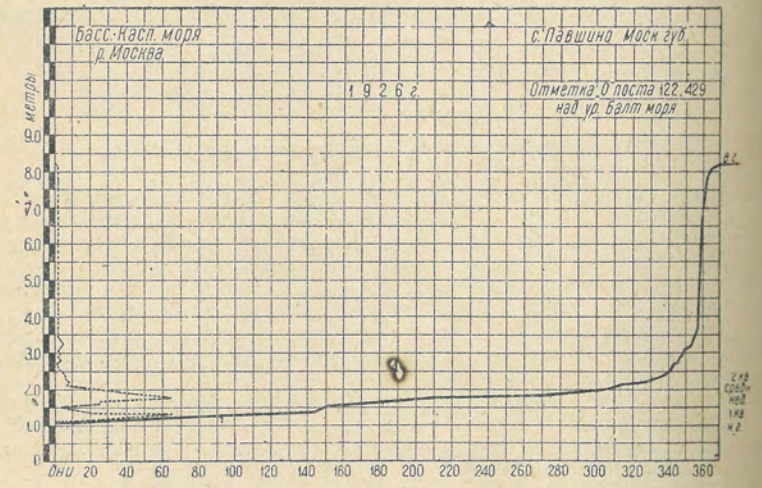


Рис. 23.

ся по данным ведомости горизонтов воды; по оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат — горизонты. На графике строятся две кривые: одна из них представляет продолжительность по отдельным интервалам,

а другая кривая является суммарной кривой и строится по данным, полученным последовательным суммированием всех отдельных абсцисс первой кривой. Первая кривая называется кривой повторяемости стояния горизонтов воды и обычно изображается пунктиром, вторая называется кривой продолжительности стояния горизонтов воды и изображается сплошной линией.

Для характеристики реки с правой стороны (на полях) графика черточками наносятся горизонты: максимальный, 2-й квадрильянный, средний медианный, 1-й квадрильянный, минимальный. Нахождение промышленных горизонтов по графикам продолжительности производится простым отсчетом соответствующего горизонта суммарной кривой; по этой кривой находят горизонты, обеспеченные в течение 10 дней, 180 дней, 270 дней, т. е. такие, ниже которых вода в реке держится не более указанного числа дней в году.

Для составления графика повторяемости и продолжительности стояния горизонтов воды за ряд лет годовые графики продолжительности горизонтов воды объединяют в группы по 5—10-летиям или рассматривают весь период наблюдений на одном чертеже.

Литература к главам X и XI

1. Аполлов Б. А. и Лукашин М. А. Гидрометрия, 1933.
2. Белкова Е. Н. Инструкция по гидрометрическим исследованиям в связи с мелиоративными работами, 1933.
3. Близняк Е. В. Производство исследований рек, озер и водоразделов. 1933.
4. Владычанский. Гидрометрия, 1930.
5. Временная водомерная инструкция ГГИ, 1931.
6. Гириллович. Гидрометрия, 1932.
7. Гришин М. М. Гидротехнические изыскания, 1927.
8. Басин М. М. Гидрометрия и основы гидрологии, 1936.
9. Инструкция для наблюдения над зимним состоянием реки (ГГИ), 1925.
10. То же для устройства створ. сечений, 1914.
11. То же для наблюдений за горизонтом воды, 1914.
12. Инструкция по водно-энергетическим изысканиям, часть 2-я, Гидрологические работы, 1934.
13. Коллупайло. Гидрометрия, 1918.
14. Ляхницкий. Производство портовых технических изысканий, ч. 2-я, 1931—32 г.
15. Огиевский. Гидрометрия и производство гидрометрических работ, 1934.
16. Сборник инструкций ОЗУ для производства гидрометрических работ и наблюдений. Изд. НКЗ УССР (Киев), 1925.
17. Шестопал. Гидрология и гидрометрия, 1933.

ГЛАВА XII

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ

§ 30. Измерение скоростей поплавками, трубками и батометрами

1. Поплавки

При неимении гидрометрических вертушек или в тех случаях, когда невозможно произвести измерение скоростей течения в потоке вообще каким-либо гидрометрическим прибором, как например в высокую воду на реках, несущих разные предметы и лед, или в межень в потоках со слабым тече-

нием (не действующим на вертушку), или, наконец, в потоках с весьма быстрым спадом или подъемом уровней, когда требуется получить расход, затрачивая на его измерение минимум времени, — в этих случаях единст-

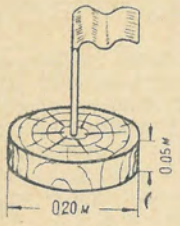


Рис. 24.

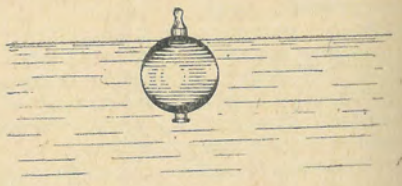


Рис. 25.

венным способом является измерение расхода воды поплавками. Способ этот основан на том предположении, что плавающее в воде тело небольших размеров с удельным весом, близким к единице, движется в потоке с той же скоростью, как и окружающая его вода.

Существует несколько типов поплавков:

а) поверхностные поплавки,
б) глубинные поплавки,
в) гидрометрические шесты,
г) поплавки-интеграторы.

Поверхностные поплавки изготовляются в виде кружков высотой 3—7 см из бревен диаметром 20—25 см (рис. 24). Для лучшей видимости поплавки окрашиваются в красный или белый цвет. Вместо деревянных кружков поплавками могут служить частью заполненные водой и заткнутые пробкой бутылки, изготовляются также специальные пустотелые металлические поплавки-шары (рис. 25).

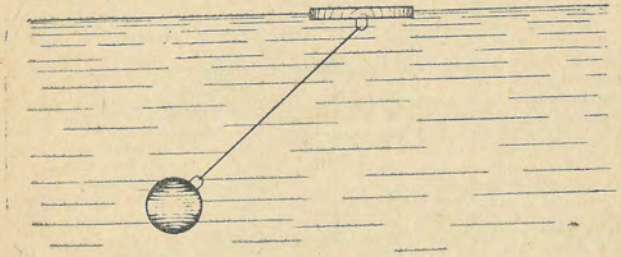


Рис. 26.

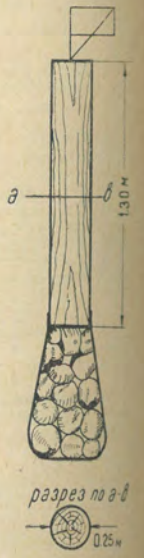


Рис. 27.

Глубинные поплавки употребляются на больших реках с малым уклоном, где скорости в поверхностном слое изменяются очень медленно; эти поплавки состоят из двух тел — одно плавающее, другое тонущее, которые соединены между собой гибкой связью (рис. 26).

Гидрометрические шесты (рис. 27) погружаются нижним концом почти до дна. Шесты изготовляются как деревянные, так и металлические (из труб). Нижний конец шестов загружается камнем, металлические трубы — дробью.

Трубчатые шесты делаются составными на нарезке, для того чтобы можно было изменять длину их; диаметр труб берется 10 см, толщина стенки — 1 мм; длина такого шеста может достигать 5 м.

Для определения средней скорости течения на всей глубине сразу употребляется поплавок-интегратор (например деревянный шарик), который сначала опускается на дно с помощью шеста с кольцом внизу; на дне этот поплавок, если дернуть за тонкую нить, освобождается и поднимается вверх по некоторой кривой траектории. На рисунке 28 изображен поплавок-интегратор проф. Глушкова. Поплавок этот сделан из дерева и загружается камнем.

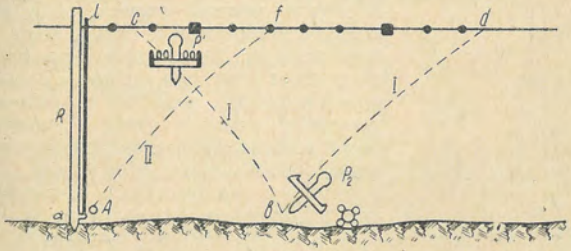


Рис. 28.

2. Батометр-тахиметр проф. Глушкова

Этот прибор служит одновременно для определения скоростей и для взятия проб воды. Прибор состоит из гибкого резинового баллона (камера футбольного мяча) емкостью около 900 см³, вставленной в него металлической трубочки диаметром 6 мм и металлического носка диаметром 4 мм для уменьшения сечения отверстия (при больших скоростях) (рис. 29). Батометр крепится на штанге (деревянная, диаметром около 50 мм) и опускается в воду носком по течению (около 120° от нормали к живому сечению реки) для предохранения прибора от попадания в него воды. Установив батометр на требуемой глубине, штанги быстро поворачивают так, чтобы поставить прибор носком против течения, одновременно пускают секундомер. По истечении времени штангу вновь поворачивают в первоначальное положение, останавливая одновременно секундомер, прибор вынимают из воды и мензуркой измеряют количество взятой батометром воды. Если A — объем взятой воды, t — время наполнения, то секундный приток определяется:

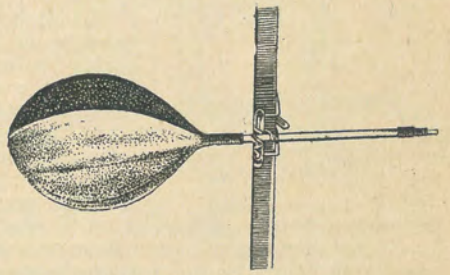


Рис. 29.

$$q = \frac{A}{t}.$$

Величина q меняется соответственно изменению скорости потока. Каждый батометр-тахиметр тарируется, и по его тарировочной кривой отыскивается скорость потока, соответствующая полученной величине q.

Практически батометр-тахиметр дает показание скоростей с при-

ближением в среднем ± 10%, вследствие чего, а также в виду незначительного его веса и портативности, этот батометр-тахиметр применяется преимущественно при рекогносцировочных изыскательских работах.

3. Гидрометрические трубки

Действие гидрометрической трубки основано на давлении воды. Прибор состоит из двух вертикальных стеклянных трубок с загнутыми под прямым углом концами. На этих концах трубок имеются отверстия, причем у одной трубки отверстие находится сбоку, у другой — внизу. Обе трубки прикреплены к деревянной доске, у трубок имеются деления (рис. 30). Если прибор поставить против течения, то в трубке, обращенной отверстием к струе, вода будет подниматься вверх до тех пор, пока не уравновесит скоростного напора, в другой же трубке (отверстие внизу) вода будет стоять на одном уровне с водой в реке. Разность столбиков воды в обеих трубочках покажет величину напора, образованного скоростями. Трубка предварительно тарируется, т. е. составляется кривая зависимости скорости от высоты подпора

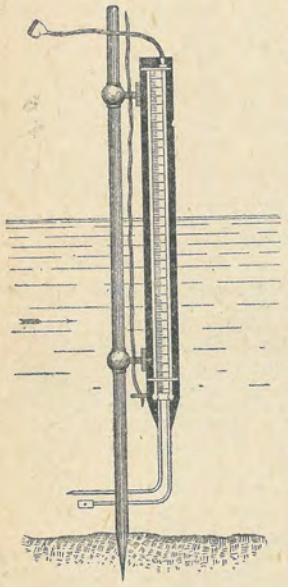


Рис. 30.

$$V = \mu\sqrt{h_1 - h_2}, \qquad (1)$$

где V — скорость, μ — коэфициент подпора, h_1 и h_2 — высота столба воды в той и другой трубке. Для удобства отсчетов вода в трубках подсасывается насосом.

4. Производство работ по определению скоростей течения

а) **Измерение скоростей поплавками.** Для измерения скоростей течения воды поплавками выбирается на реке прямолинейный участок с правильным, однообразным и неизменным руслом не менее 2—3 ширин реки. Для проверки пригодности участка пускают пробные поплавки и наблюдают время прохождения поплавков между двумя равными участками реки. Расхождение по времени прохода поплавков через каждый участок не должно превышать 5%.

Далее разбиваются створы верхний, средний и нижний, расход воды определяется для среднего створа, нижний и верхний створы служат для определения пути (l), проходимого поплавками во время (t) (рис. 31). При определении только скоростей течения без определения расхода воды достаточно двух створов. Расстояние между крайними створами берется в зависимости от скорости течения от 40 до 100 м с таким расчетом, чтобы время прохода поплавков между крайними створами было не меньше полуминуты. Все створы закрепляются на месте забитыми или закопанными в землю сваями. Перед началом работ во всех створах устанавливаются вешки, по две на каждом берегу (или по три вешки на одном берегу).

Работа с поплавками. Измерение скоростей течения поплавками производится только в безветренную погоду; в случае появления ветра во время измерения необходимо записать силу и направление ветра и номера поплавков, пущенных во время ветра.

Место прохода поплавков определяется: а) с помощью перетянутого троса, б) с помощью геодезических инструментов.

При летучих, грубых измерениях место прохода поплавка в створе может определяться и наглаз.

а) Работа с тросом. На среднем створе поперек реки протягивается размеченный трос или просмоленная веревка, по возможности ближе к воде для того, чтобы точно знать место прохода поплавка через створ, причем разметки для удобства чтения должны быть сделаны отчетливо.

Определение места прохода поплавков через трос производится при ширине реки до 50 м наглаз, а для большей ширины реки — с лодки, причем нужно строго следить за тем, чтобы лодка не мешала движению поплавка.

б) Работа засечками. Если трос натянуть нельзя или его нет, то отмечают место прохождения поплавка через средний створ посредством засечки угломерным инструментом.

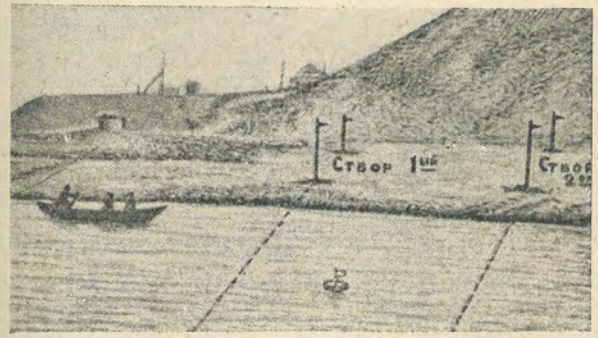


Рис. 31.

Инструмент должен быть установлен на берегу с ориентировкой его по магистрали или по другой назначенной линии. При повторных работах место стоянки инструмента должно быть закреплено колышком с точкой.

Самая работа с поплавками производится таким образом: поплавки количеством от 10 до 20 штук пускаются по возможности равномерно по ширине реки (для определения скоростей в разных частях сечения реки), увеличивая несколько их количество в местах с более быстрым течением, а также у берегов.

Бросив поплавок выше верхнего створа, наблюдают его путь и скорость. Момент вступления поплавка в сечение каждого створа передается каким-либо сигналом и точно замечается по секундомеру, а также замечаются и места прохождения поплавка через средний створ. При определении расходов секундомер удобнее брать с двумя стрелками, чтобы брать два отсчета (между 1-м и 2-м створами и между 1-м и 3-м створами).

Сравнение обоих отсчетов дает возможность проверить как качество работы секундомерщика, так и влияние случайных условий во время производства работ (ветер, плывущие предметы и т. п.). При расхождении отсчетов выше 5% пускают в этом месте новый поплавок.

Таким образом пускают и все остальные поплавки. Ниже нижнего створа их можно вылавливать.

Зная расстояние между створами l и время прохождения между этими створами t, определяют скорость

$$V = \frac{l}{t}. \qquad (2)$$

При работе поплавком-интегратором (рис. 28, стр. 325) выпускают с лодки-понтона тонкий линь с разметками из пробки. Далее поплавок, загруженный камнями, медленно опускают в воду, держа за шарик (вверху поплавка). Как только шарик коснется воды, пускают поплавок и одновременно секундомер. Коснувшись дна, поплавок накреняется, скидывает камни и поднимается наверх. В момент появления поплавка на поверхности останавливают секундомер. По линю определяют длину пути поплавка l, по секундомеру — время t. Средняя скорость по вертикали:

$$V_{ср} = \frac{l}{t}.$$

б) **Измерение скоростей течения и расхода воды батометром-тахиметром** (стр. 325). Скорости течения могут определяться батометром-тахиметром на любой глубине. Для опускания батометра на требуемую глубину его укрепляют на штанге (деревянной диаметром 5 см или металлической), для чего в штанге просверливаются отверстия через 10 см по высоте, в которые вставляется носок; перекладину у носка плотно прижимают вдоль штанги так, чтобы носок был перпендикулярен к ней, и при помощи веревок, вдетых в отверстия на перекладине, прочно привязывают батометр к штанге.

При опускании прибора в воду важно выгнать из баллона весь воздух, а также и из носка, для чего при установке прибора на требуемой глубине секунд на 5—10 наклоняют штангу вперед так, чтобы носик встал отверстием вниз, и потом устанавливают носок горизонтально, по направлению течения (тогда вода в баллон не входит) и далее по команде поворачивают батометр носком против течения и одновременно пускают в ход секундомер. Продержав батометр в таком положении некоторое время (например на скорости 1 м около 50 сек.), по команде отворачивают носок в обратную сторону (больше 90°) и одновременно останавливают секундомер; сохраняя такое положение, штангу с прибором вынимают из воды и измеряют находящийся в баллоне объем воды мензуркой (можно также вывешивать пружинным безменом с делениями в 5 г).

По тарировочной кривой для данного барометра, зная объем воды и время накопления, находят скорость течения.

5. Измерение скоростей течения гидрометрической трубкой Пито Дарси

Гидрометрическая, или гидравлическая, трубка в настоящее время употребляется на речных работах довольно редко, чаще ею пользуются при лабораторных работах. Она надевается на штангу и может закрепляться на различных глубинах мелкого потока. Трубка загнутыми краями направляется против течения. По шкале находится разница уровней в обеих трубках и по тарировочной кривой или уравнению определяется мгновенная скорость в данной точке. Для исключения пульсации и получения средней скорости в точке наблюдения надо сделать в ней 20—30 измерений.

§ 31. Гидрометрические вертушки

Наиболее распространенными в СССР и чаще встречающимися в настоящее время на практике гидрометрическими вертушками являются следующие:

1. **Вертушка Амслера:** а) старая модель с механическим счетчиком (рис. 32), б) старая модель с электрическим счетчиком и открытыми контактами (рис. 33) и в) новая модель с электрическим счетчиком и закрытыми контактами (рис. 34).

Вертушки Амслера старых типов встречаются с обыкновенными и шариковыми подшипниками. Первые имеют меньшую начальную скорость (8—12 см/сек.).

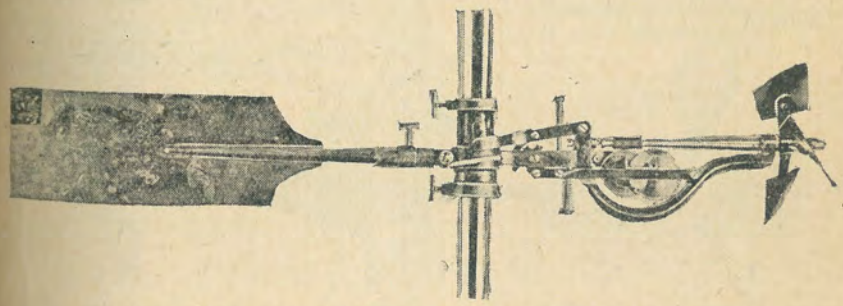


Рис. 32. Вертушка Амслера с механическим счетчиком.

Вертушка Амслера новейшего типа (штанговая) выгодно отличается от старых типов. Начальная скорость 4 см/сек., контакты находятся в камере, защищенной от наносов. Корпус верхушки — алюминиевый. Некоторый недостаток этого типа вертушки — удлиненные плоскости лопастей пропеллера, цепляющие водоросли. Эти вертушки вывозятся из Швейцарии (фирма Амслер), г. Шафгаузен. Несколько десятков вертушек этого типа было изготовлено в СССР (мастерскими ЛАГУ).

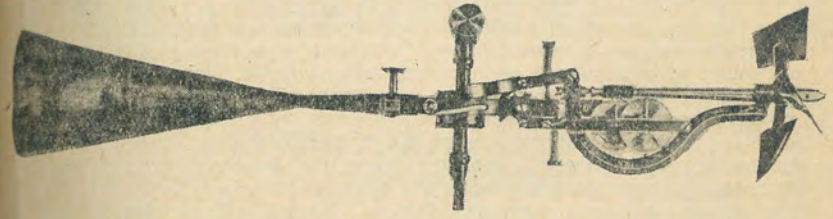


Рис. 33. Вертушка Амслера с электрическим счетчиком.

2. **Вертушки Отта разных моделей:** а) Модель I (тип Etsch) для работ со штангой диаметром 20 мм.

Вертушка с трехлопастной турбинкой, диаметром 75 мм, шагом около 75 см, с открытым механическим счетчиком, привключаемым и выключаемым с помощью шнура. Передний конец оси турбинки опирается на обыкновенный подшипничек, задний — на острие. Начальная скорость

не менее 10 см/сек. Общий вес около 0,75 кг. Вертушка имеет небольшие размеры и помещается в футляре (размером 24 × 11 × 3,5 см), что дает основание называть ее карманной вертушкой. Этой вертушкой обычно пользуются при рекогносцировочных работах.

б) Модели IV-a, IV-b и IV-d (типы Weichsel, Nogat и Narew)—электрические вертушки, штанговые для эллиптической (IV-a) (рис. 35) и круглой (IV-b и IV-d) форм штанг вертушки с двухлопастными турбинками диаметром 12 см и шагом около 25 см на шариковых подшипниках, с агатовыми подпятниками для заднего конца пятки оси. Контактное приспособление заключено в камеру

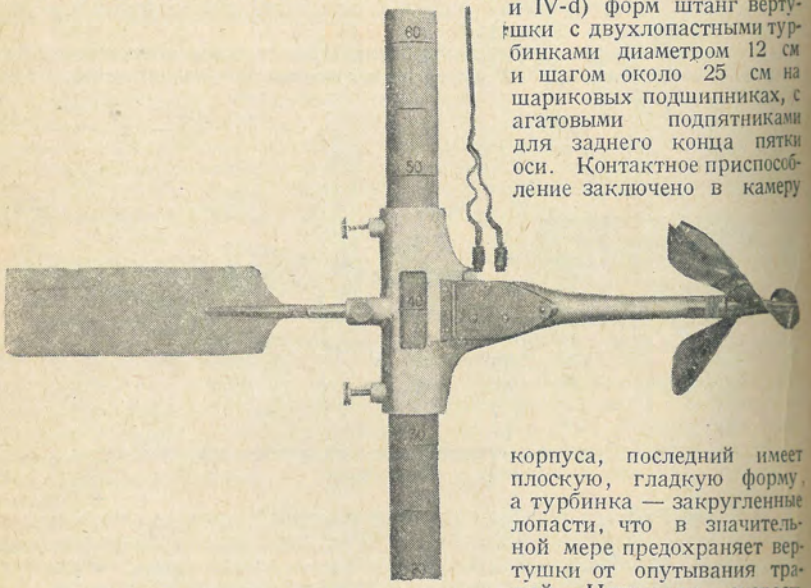


Рис. 34. Вертушка Амслера (новая модель).

корпуса, последний имеет плоскую, гладкую форму, а турбинка — закругленные лопасти, что в значительной мере предохраняет вертушки от опутывания травой. Начальная скорость — 4—5 см/сек.

Вертушки этих моделей имеются в СССР в значительном количестве, особенно вертушки модели IV (около 10 лет назад снятой фирмой Отта с производства); эти вертушки имеют трехлопастные турбинки и электрический контакт, прикрытый легкой латунной защитой. Передний конец оси на шариках, задний — с упором в подпятник. Последнего типа вертушки в течение некоторого времени изготовлялись в СССР в большом количестве мастерскими производственного отдела Государственного гидрологического института в Ленинграде, улучшившими качество этих вертушек посредством хромирования шейки оси и конической гайки.

в) Модель V (типы Arkansas, Oregon, Texas), называемая «масляной» (рис. 36). Вертушки этой модели значительно отличаются от всех предыдущих. Для них сконструирован округленный, полый внутри, литой дюралюминиевый пропеллер диаметром 12 см, вращающийся на неподвижной оси с помощью двух шариковых подшипников; ось вставляется в корпус вертушки и крепится винтом. Все пространство внутри пропеллера и соединенной с ним муфты (заключающее в себе ось и шариковые подшипники) заполняется минеральным маслом, вытеканию которого препятствует находящаяся внутри муфты вторая гильзообразная муфта. Плотно входя в пропеллер, муфта тесно охватывает неподвижную ось, оставляя между

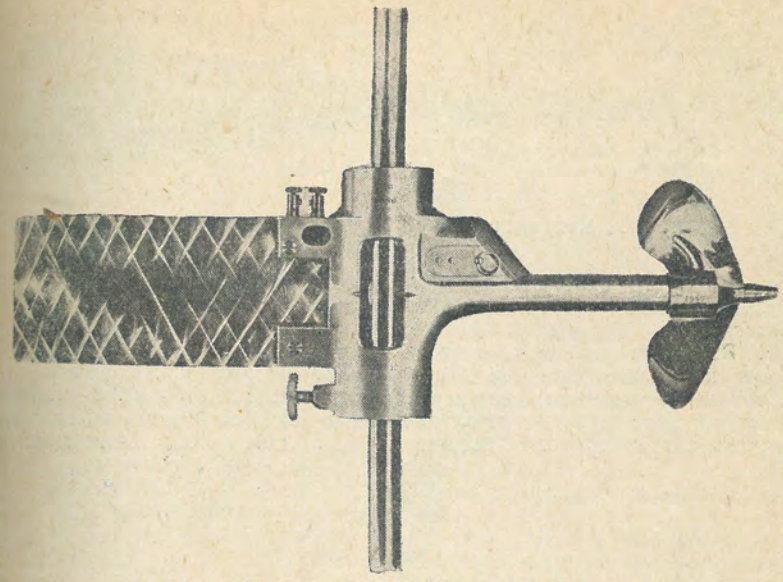


Рис. 35. Вертушка Отта, модель IVa.

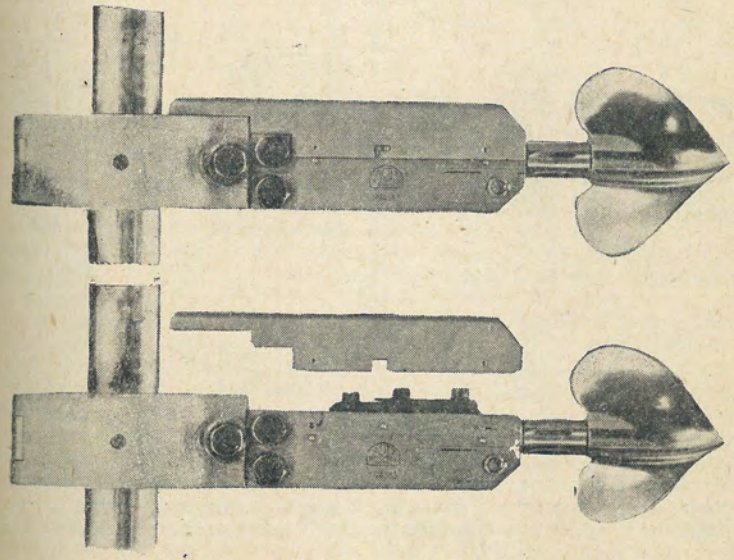


Рис. 36. «Масляная» вертушка Отта, модель V.

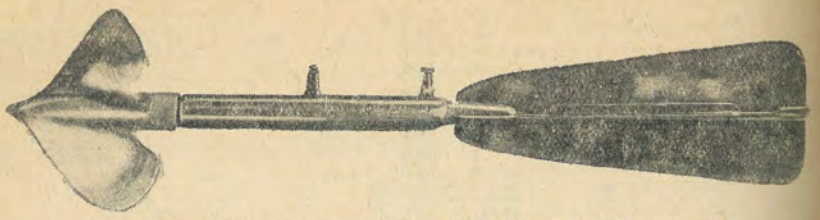


Рис. 37. «Масляная» вертушка конструкции Жестовского.

осью и ее внутренними стенками незначительное пространство, препятствующее вытеканию масла. Такая система защищает трущиеся части вертушки от засорения, обеспечивая одновременно непрерывную смазку подшипников. Вертушки этой модели более чувствительны к малым скоростям и имеют начальные скорости 2,5—3 см/сек. Обычно к каждой масляной вертушке прилагаются две лопасти с шагом в 25 и 50 см. Контактное приспособление вертушки также заключено в особую камеру, заполняемую маслом, что исключает осаждение на контактах солей, выделяемых из

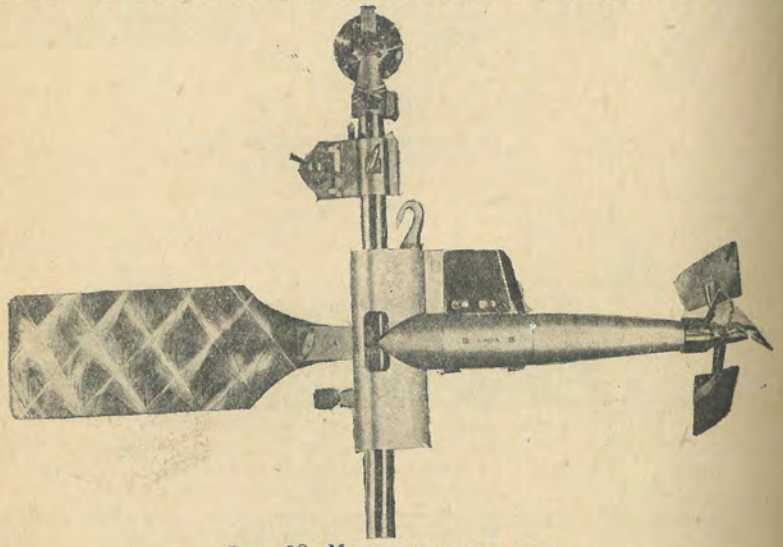


Рис. 38. Магнитная вертушка.

воды под действием тока. Масло для наполнения этих вертушек нужно брать жидкое, не густеющее при низких температурах, так как густеющее масло меняет показания вертушкой скорости течения.

Механиком аксайских (на Дону) мастерских Жестовским масляная вертушка в настоящее время переконструирована, ее контактное устройство упрощенно и перенесено внутрь оси, что позволило уменьшить размеры корпуса прибора (рис. 37).

г) Модель VI — магнитная вертушка (типы VI-b Lippe) штанговая

(рис. 38) для работ интегральным методом, со спицевыми лопастями, диаметром 17 см, шагом около 50 см, и модель VI-d Mosel, подвесная. У вертушек этой модели контактный механизм заключен в цилиндрическую герметически закрытую камеру и приводится в действие посредством магнита. Приспособление для замыкания тока имеет легкий, крестовидный якорек, насаженный на горизонтальной оси, вращающейся на центрах и приводящей в действие два контакта: один — через 25 оборотов, а второй — через каждый оборот якорька. Этот магнитный якорек находится в магнитном поле, создаваемом колоколовидным магнитом, укрепленным на конце горизонтальной оси пропеллера и прилегающим вплотную к крышке камеры контактного механизма. С вращением пропеллера и магнита вращается в свою очередь и крестовидный якорек контактного устройства.

Вертушками этих моделей пользуются на больших реках вследствие значительности их размеров и веса. Начальная скорость этих вертушек 5—6 см/сек.

д) Модель IX-a (Iller) рис. 39 — центровая на сапфировых подпятниках, вертушка с трехлопастной турбинкой диаметром 9 см и шагом около 25 см, защищаемой кольцевидной формы обоймой, с открытым слегка защищенным электрическим контактом. Сигнал — через 25, 50 или 100 оборотов, по желанию. Начальная скорость 4—5 см/сек.

е) Модель IX-b (Isar) такая же, как IX-a—несколько усиленного профиля, с закрытым контактным устройством.

Вертушки этих двух моделей (IX-a и IX-b) в СССР выпускаются тбилисскими мастерскими точных приборов Научно-исследовательского института водного хозяйства ЗСФСР и применяются для работ в мелких и горных речках.

ж) Модель X (Neisse) — близкая по внешнему виду и типу к вертушкам модели IX — отличается от них меньшими размерами: штанга к ней диаметром 20 мм, ось — на центрах, в сапфировых гнездах (подпятниках). Турбинка трехлопастная, диаметром 55 мм. Шаг около 12 см. Сигнал через 50 оборотов. Вертушка укладывается в ящик размером 225 × 110 × 115, имеющий вес 1,5 кг.

3. **Вертушки системы инж. Грицука** — штанговая и подвесная — имеют двухлопастную турбинку, вращающуюся на горизонтальной оси. Электрический контакт осуществляется с помощью капли ртути, соединяющей концы двух контактов, входящих в защищенную от проникновения воды камеру.

Окисляемость ртути и появление на ее поверхности пленки, осаждающейся на контактах, а также значительное изменение объема ртути с переменой температуры нередко нарушают исправное действие вертушек этой системы.

Со смертью конструктора дальнейший выпуск вертушек этой системы прекратился.

4. **Вертушки системы «Лагу»** (Лаборатории гидравлических установок, Москва) — штанговые (рис. 40), подвесные (рис. 41) и комбинированные (рис. 42) — имеют двухлопастные турбинки, вращающиеся на горизонтальной оси. Ось и шариковые подшипники изготовляются из нержавеющей стали. Задний конец (пятка) оси оперт на агатовый подпятник. Конструкция вертушки позволяет быстро, без ущерба для тарировочных данных вертушки, производить ее разборку, не рискуя вместе с тем потерей шариков, что особенно существенно в полевых условиях работы. Контакт через 25 оборотов пропеллера. Начальная скорость 3—4 см/сек. Форма корпуса округлая, удлиненная. Вертушки этой системы производились опытным заводом НКЗ СССР в Москве (Петровско-Разумовское, Нижняя дорога, 19).

5. **Вертушки Прайса** в отличие от описанных выше систем имеют турбинку, вращающуюся на вертикальной оси (рис. 43). Турбинка состоит из ше-

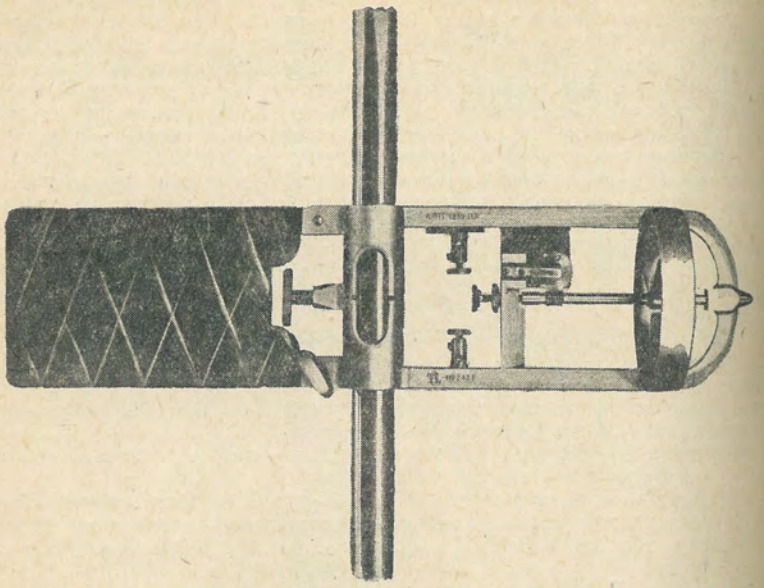


Рис. 39. Вертушка Отта IX-а.

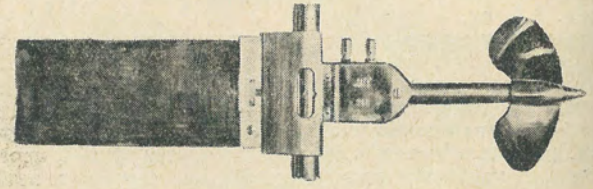


Рис. 40. Штанговая вертушка „Лагу".

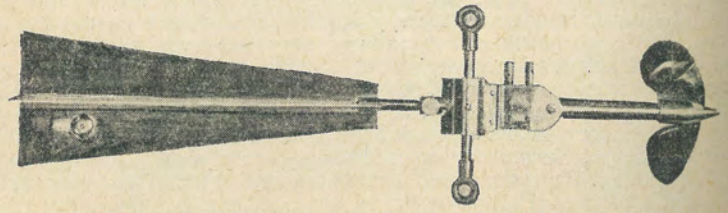


Рис. 41. Комбинированная вертушка „Лагу"— на подвесе.

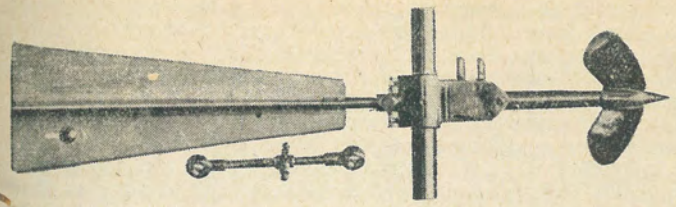


Рис. 42. Комбинированная вертушка „Лагу"— по штанге.

сти конической формы чашек, укрепленных на раме, вращающейся на вертикальной оси. Верхний конец оси, заканчивающийся винтовой резьбой, помещается в контактной камере, представляющей собой воздушный колокол, вследствие чего контакт происходит в пространстве, не заполняющемся водой. Нижняя часть оси состоит из трубки, навинченной плотно на стержень, имеющий на конце агатовое гнездо. Этим агатом ось опирается на острие, укрепленное на раме вертушки. Вертушки Прайса имеют начальную

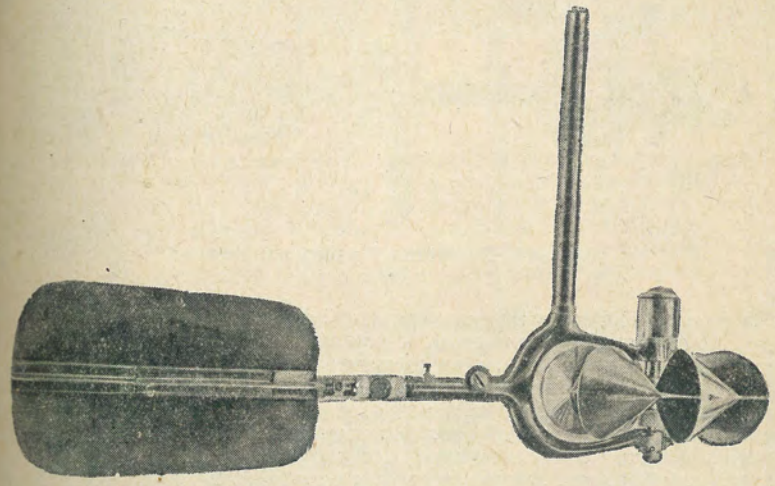


Рис. 43. Вертушка Прайса для штанги и подвеса.

скорость 3—4 см/сек. Вертушка Прайса подвержена действию косых скоростей. Вследствие формы и значительного веса пропеллера эти вертушки дают преувеличенные показания скоростей.

В гидротехнической лаборатории Научно-исследовательского института НКВода ее научный сотрудник Лосиевский переконструировал вертушку Прайса. Он заменил конические лопасти плоскими и с одной стороны заключил их в кожух, открыв действию потока только одну половину турбинки. По данным Лосиевского, при такой системе исключается отмеченный выше дефект вертушек Прайса. Вертушки этой системы в полевых условиях еще не были достаточно испытаны.

Вертушки Прайса делаются штанговые и подвесные; штанговые выпускаются с электрической и акустической системами сигнализации.

Вертушки системы Прайса с электрической сигнализацией в СССР изготовляются мастерскими Научного института хлопководства (НИХТ) в гор. Ташкенте (рис. 44).

6. **Вертушки пловучие.** Для измерения скоростей в поверхностных слоях воды применяют те же гидрометрические вертушки, устанавливая их на специальных поплавках. Тем же способом замеряют и скорость хода судна, беря поплавок с вертушкой на буксир. Отт предлагает для этой цели специально сконструированные поплавок и магнитную вертушку, модель VI-f (тип Main) (рис. 45). Вертушка имеет двухлопастную турбинку и крепится под цилиндрической формы поплавком, имеющем срезанную переднюю часть (рис. 45).

7. **Лаг.** Для специальных целей измерения скорости судов вследствие возможных повреждений вертушек плавающими в воде предметами вертушки заменяются электрическим лагом, также крепящимся к поплавку, буксируемому за судном.

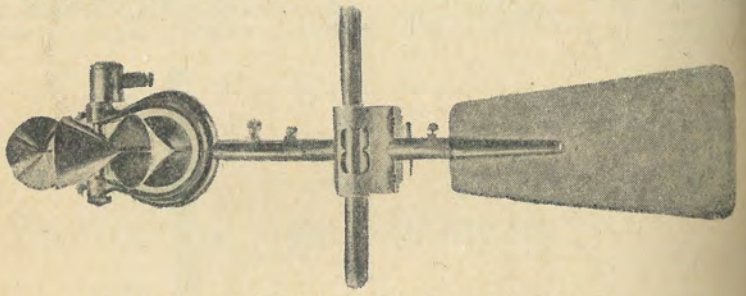


Рис. 44. Вертушка Прайса на штанге.

Лаг (рис. 46) состоит из цилиндрической формы тела с тремя винтообразными лопастями соединяющегося с помощью алюминиевой трубки диаметром 16 мм с поплавком. Для придания гибкости трубка присоединена к поплавку с помощью шарнира, дающего лагу свободное движение, но вместе с тем обеспечивающего передачу на поплавок вращательного движения лага около своей продольной оси. На поплавке укреплена трубка с электрическим контактным приспособлением, с которой и соединяется с помощью шарнира трубка лага. Лаг делается внутри пустым, что придает ему пловучесть, но при движении на буксире лаг устанавливается в воде в горизонтальной плоскости и дает вполне удовлетворительные показания.

На морях обычно пользуются механическим лагом, счетчик оборотов какового крепится на борту близ кормы судна. Лаг со счетчиком соединяется кабелем.

8. **Другие, реже встречающиеся и специальные типы вертушек.**

а) Штанговая вертушка Ришара — двухлопастная с горизонтальной осью, с закрытыми клеммами и обтекаемой формы корпуса.

б) Вертушки Ганзера — штанговая и подвесная с торпедообразным корпусом.

в) Универсальная вертушка Альбрехта-Киллия, с параболической формы лопастями на горизонтальной оси и контактным приспособлением, расположенным в воздушной камере, не заполняемой водой.

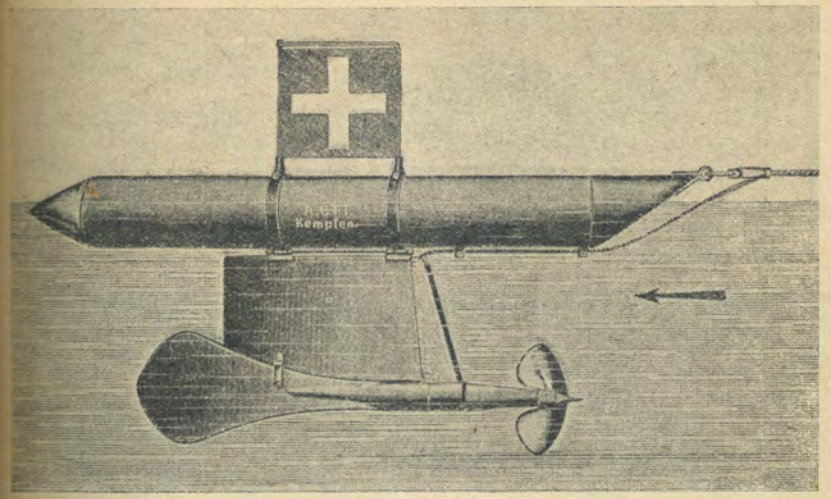


Рис. 45. Вертушка на буксире VIf типа Main.

К вертушкам Альбрехта-Киллия прилагаются особые щитки, прикрепляющиеся как на штангу, так и к вертушке при работе с троса. Эти щитки имеют назначение дать вертикальную, составляющую давления воды на вертушку, чем обеспечивают устойчивое положение прибора в воде.

г) Вертушка Арвидсона, с вертикальной осью, опускаемая в воду на двух тросиках, с помощью каковых в нужный момент она перевертывает-

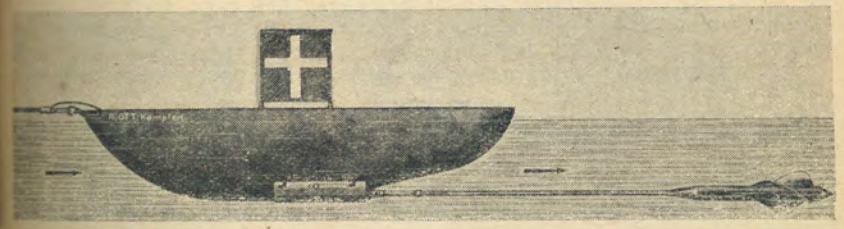


Рис. 46. Электрический лаг March, или Waag.

ся в воде на 180°, приводя тем в действие счетчик, и вновь перевертывается для прекращения его действия.

д) Вертушка Люта (Luth) с вертикальной осью, близкая по типу к вертушкам Прайса.

е) Динамо-вертушки, имеющие двухлопастную турбинку на горизонтальной оси, входящую в плотно закрытый корпус обтекаемой формы; на оси укреплен якорек по типу якорей динамо-электрических машин; воз-

буждаемый при вращении якоря ток по изолированному кабелю передается на прецезионный гальванометр, показания которого определяют скорость течения; эти вертушки в СССР имеются в незначительном количестве.

ж) Вертушка В. В. Кузнецова оригинальной формы, еще не испытанная практически.

Из вертушек устаревших или не имеющихся в наше время в производстве можно указать:

а) Штанговую вертушку Вольтмана с горизонтальной осью, с механическим счетчиком, включаемым в действие посредством шнура.

б) Штанговую вертушку Кошурникова с литой из алюминия турбинкой по V типу вертушки Отта, на горизонтальной оси, с электрическим контактным приспособлением.

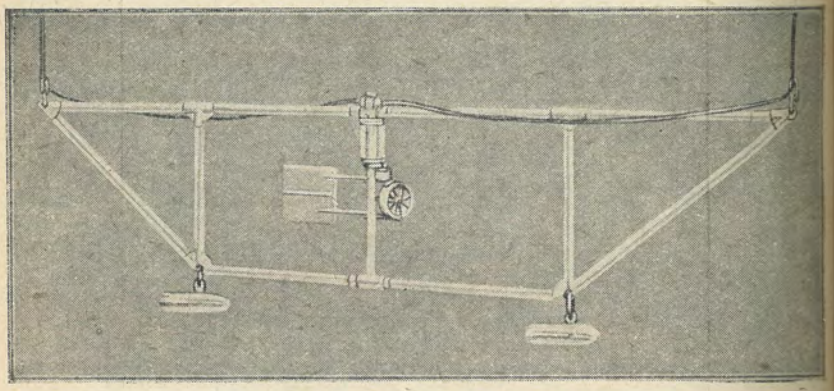


Рис. 47. Гидрометрическая вертушка Раушельбаха.

в) Подвесную вертушку «Волга» конструкции инж. Крылова, две модели: модель 1917 г. — более простая и модель 1918 г. — улучшенная (на шариковом подшипнике с увеличенной турбинкой трехлопастной формы).

9. **Вертушки, определяющие скорость и направление течений.** а) Вертушки Экмана-Мерца кроме показания скоростей потока делают отметки направления его. Турбинка прибора состоит из шести лопастей, заключенных в предохраняющее их кольцо. Ось — на центрах, вращающихся в агатовых гнездах. Начальная скорость — 2—3 см/сек. Направления скоростей фиксируются шариками, выпадающими в специальную компасную коробку, разделенную на 36 частей, т. е. точность отсчета направления 10 градусов.

Вертушки этой системы применяются главным образом для морских и озерных работ, а также частично на больших реках. Эти вертушки выпускались до 1933 г. мастерскими ЦНИВТа в Ленинграде, в настоящее же время производство их там прекращено.

б) Вертушки Оттатипа VII-b (Mulde) также дают показания скоростей и направлений течения с помощью электрической передачи на особый автоматический счетчик. Точность показаний направления течения до 2°.

в) Регистрирующие вертушки системы Раушельбаха (рис. 47), дающие запись скоростей и направления течений. Эти вертушки, укрепленные на особой раме, опускаемой в воду на двух тросах, могут применяться только при работе на самоходных пловучих единицах или на стационарных установках (мосты, шлюзы и т. п.).

г) Фоторегистрирующий самописец течений Петерсона, применяемый на больших глубинах при незначительных скоростях. Прибор подвешивается к поплавку и опускается на ту или иную глубину в зависимости от длины троса, на котором он привешивается. Поплавок, обладающий значительной пловучестью, погружается в воду с помощью трех тяжелых грузов — якорей, крепящихся на стальных тросах. Поплавок ставится на глубину, где волнение не влияет на его устойчивость. Прибор имеет

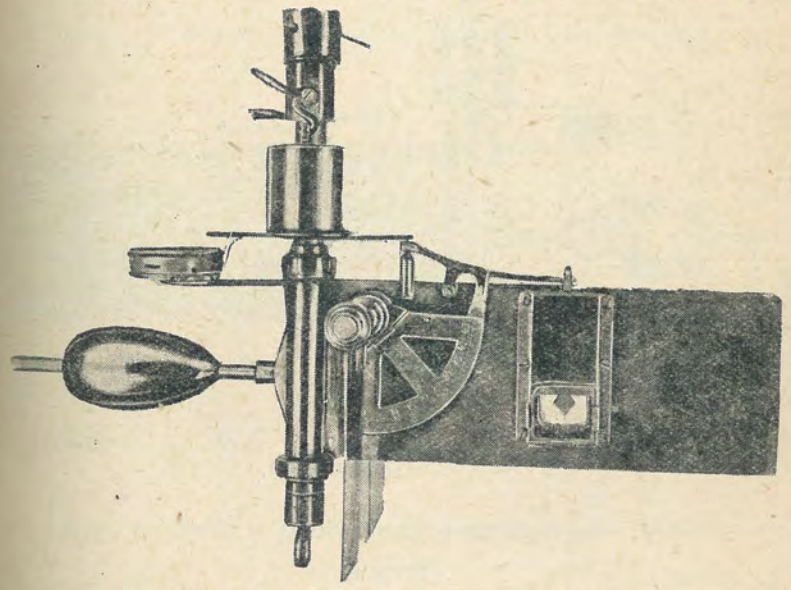


Рис. 48. Гидрофлюгер Черенкова перед опусканием в воду.

суточную запись и дает средние (за час) отметки скоростей и направлений течения. Применяется преимущественно на морях и озерах.

д) Из других приборов и приспособлений, позволяющих определить направление течений, надлежит отметить различных конструкций флюгеры, в частности флюгер Лелявского, флюгер Аполлова (которым он пользовался во время своих работ в дельте Волги), бифилярные подвесы, широко применяемые в американской практике, и, наконец, водяной флюгер (динамометр) инж. Черенкова.

Последний прибор построен по идее флюгера Вильда (рис. 48 и 49) и состоит из двух металлических досок, подвешенных на горизонтальной оси и отклоняемых от вертикального положения силой потока; хвост (флюгер) обеспечивает прибору постановку его горизонтальной оси в плоскости живого сечения потока.

Направление течения отмечается стрелкой компаса, укрепленного на приборе.

Положение досок, кренометра и компаса закрепляется с помощью особого тормозка, приводимого в действие ударом посылаемого груза. Прибором можно работать со штанги и на тросе.

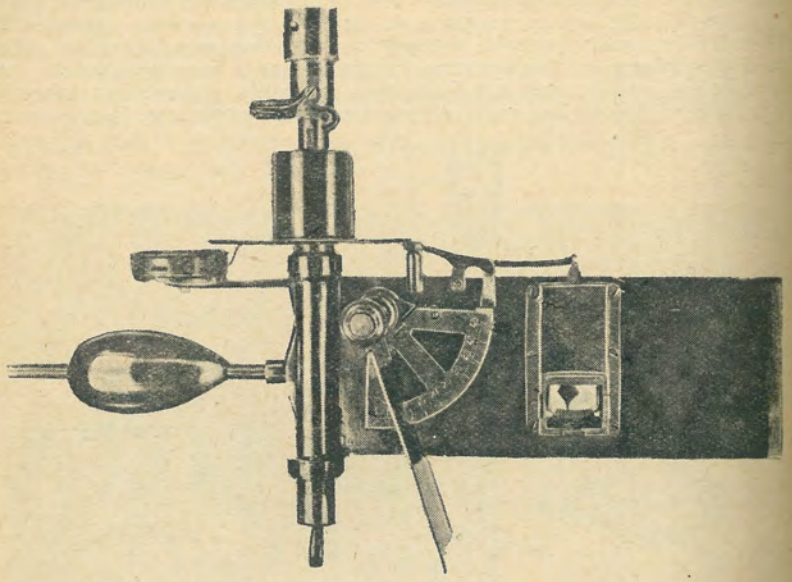


Рис. 49. Гидрофлюгер.

§ 32. Оборудование для работы с вертушками

1. Трос

В воду вертушка опускается на особой штанге или на тросе, сплетенном из тонких бронзовых или стальных, оцинкованных проволок. Желательно, чтобы трос для вертушек (особенно стальной) имел заплетенную в середину пеньковую прядь, придающую ему гибкость (см. табл. тросов). В целях устранения образования на распущенном тросе так называемых «баранчиков» трос следует брать встречно-плетеный.

Трос перед пользованием должен быть тщательно осмотрен и проверен. Он не должен иметь изгибов, раскрученностей, оборванных проволок. Трос должен быть тщательно намотан на барабан и лежать на нем ровными рядами, как нитка на катушке.

В случае возникновения сомнения в прочности трос следует испытать на разрыв. Для расчета можно пользоваться следующими соотношениями между S — максимальным усилием в тросе, Q — нагрузкой, g — собственным весом троса, l — длиной испытуемого троса и f — стрелой прогиба:

$$S = \frac{l\left(Q + \frac{g}{2}\right)}{4f}.$$

Таблица номеров тросов для гидрометрических работ

Назначение троса	Спецификация (по справочнику завода «Красный гвоздильщик»)	Материал	Диаметр (в мм)		Вес в кг 100 пог. м	Разрывное усилие троса (в кг)
			троса	проволоки		
1. Трос промерный (створный)	№ 60205—7 прядей по 7 пров.	Оцинкованная стальная проволока	3,0	0,32—0,35	4,0	615
	№ 60208 — То же	То же	5,0	0,51—0,56	10,0	1 550
	№ 60211 — То же	То же	6,0	0,62—0,67	14,5	2 300
	№ 60213 — То же	То же	8,0	0,85—0,90	26,7	4 250
2. Канат для подвесных мостиков и для люлек	№ 60211 — То же	То же	10,0	1,07—1,13	41,8	6 500
	№ 60213 — То же	То же	8,0	0,85—0,90	26,7	4 250
	№ 60214 — То же	То же	10,0	1,07—1,13	41,8	6 500
	№ 100201 —(1×9)+7 проволок	То же	11,0	1,17—1,25	50,5	8 000
	№ 100202 — То же	То же	12,5	3,00—2,10	0,72	7 700
	№ 100203 — То же	То же	13,0	3,2—2,25	0,82	9 000
	№ 100204 — То же	То же	14,0	3,4—2,4	0,93	10 200
	№ 80101 — 7×7	То же	14,5	3,6—2,55	1,04	11 500
	№ 100501 — 1×37	То же	18,5	2,0	1,30	18 500
	№ 60116 — 61 проволока	То же	21,5	3,0	2,14	23 500
	№ 60118 — То же	То же	8,0	0,85—0,90	33,0	5 250
3. Трос разметочный	№ 60218 — 6 прядей по 19 проволок и 1 органич. сердцевина	То же	10,0	1,07—1,13	52,5	8 300
4. Трос для вертушек	№ 60216 — То же	То же	3,0	0,19—0,21	3,6	515
	№ 60217 — То же	То же	2,0	0,21—0,23	1,6	230
			2,5	0,26—0,29	2,5	360

2. Лебедки

Гидрометрический трос, на котором вертушка опускается в воду, наматывается на специальные лебедки. Наибольшее распространение в настоящее время имеют лебедки типа Отта (ввозимые из Германии), лебедки типа Виттинга-Кузнецова, собираемые на заводе «Гидрогеоприбор» в Ленинграде, и лебедки мастерской ИВХ Средней Азии в Ташкенте.

Лебедка Виттинга-Кузнецова имеет небольшой вынос (стрелу) и применяется при работах со шлюпок и с мостика. Лебедка имеет счетчик для отсчета длины вытравленного троса, соединенный непосредственно со шкивом (роульсом), через который спускается трос. Предельные нагрузки не свыше 50 кг. В последнее время завод начал выпускать усиленного типа лебедки, допускающие нагрузку до 150 кг.

Лебедка мастерской ИВХ Средней Азии допускает предельную нагрузку до 80 — 100 кг.

Гидрометрические вертушки фирмы Отта подвешиваются не на тросе, а на специальном двух-, трех- или многожильном проводе, служащем одновременно и для подвешивания вертушки и для передачи электрических сигналов; на лебедках Отта имеются зажимы для присоединения электрических проводов к звонку и батарее, а внутри барабана лебедки поставлены

контактные кольца и зажимы для привключения концов кабеля. При такой системе исключается необходимость применения специальных проводов, как это имеет место при работе вертушкой с обычного троса.

Достаточно широкое распространение в СССР имеют следующие лебедки германской фирмы «Отт»:

а) Легкая лебедка-барабан (тип Neva), периметр 0,5 м, с регулятором вращения (тип Onega). На барабан помещается 10 м кабеля диаметром 6 мм при намотке его в один ряд. Лебедка имеет счетчик и три контактных зажима. Лебедка не имеет станины и крепится на круглой штанге или на стойке с помощью имеющихся при лебедке муфт с зажимами. Подъемная сила лебедки не свыше 25 кг. Общий вес 11 кг.

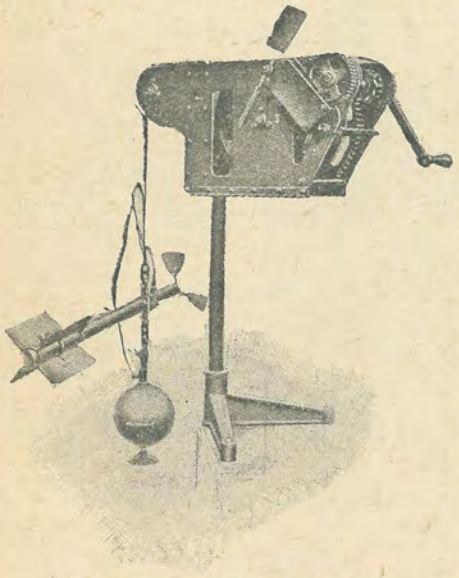


Рис. 50. Лебедка Отта Volga.

б) Такого же типа лебедка с периметром барабана в 1,0 м (тип Dwina), вместимостью 15 пог/м 6-миллиметрового кабеля. Общий вес 25 кг.

в) Лебедка (тип Volga) (рис. 50) подъемной силой 160 кг, барабан периметром 1,0 м, емкостью в 22 м кабеля толщиною 8,5 мм. Лебедка имеет регулятор вращения, ленточный тормоз, счетчик вытравленного кабеля и три контактных кольца с соответствующим количеством зажимных клемм.

Этого типа лебедки выпускаются со специальными стойками и без них.

Вес лебедки — 70 кг, стойки — 15 кг.

3. Штанги

Штанги для вертушечных работ применяются двух видов: штанги упорные и штанги подвесные.

а) **Упорные штанги.** При работе упорной штангой последняя упирается в дно. У основания штанги крепится упор-поддон, препятствующий погружению штанги в грунт дна. Деления на штанге наносятся через 1 дециметр, начиная снизу от поддона.

Упорные штанги выпускаются круглые, с диаметром от 12,5 до 75 мм, и овальные различных размеров. Длина штанги также зависит от ее сечения и колеблется от 2,5 до 9 и даже по специальному заказу до 12 пог. м. Штанги делаются разборными для удобства перевозки и состоят из отдельных колен длиной от 0,5 до 3 м. Штанги делаются из железных, стальных и алюминиевых труб. Овальные (эллиптическое сечение) штанги имеют меньшее лобовое сопротивление в потоке, что является значительным преимуществом их перед штангами круглого сечения. Овальные штанги выпускаются фирмой «Отт» следующих сечений: 1) 40 × 20 мм, 2) 54 × 27 мм, 3) 75 × × 37 мм и 4) клепаная из 1-миллиметровой черной жести размерами 290 × × 105 мм.

б) **Подвесные штанги.** При работе с подвесной штангой последняя не требует упора ее конца в дно, так как у конца ее крепится вертушка. Самая штанга закрепляется с помощью особого держателя, устанавливаемого на винтах на месте производства работ. Штангодержатели делаются двух типов: а) с лебедками и б) с рычажными тормозками. Рычажный штангодержатель состоит из продолговатой коробки, через которую пропускается штанга. Крышка коробки открывается и запирается поворотом специальной задвижки. В коробке штанга удерживается в каждом данном положении при помощи особого педального устройства, один конец которого проникает внутрь коробки и заклинивает в ней штангу. При нажатии педали ногой заклинивающий конец отходит и освобождает штангу.

Штангодержатели педальные делаются фирмой «Отт» трех размеров: 1) для круглых штанг диаметром в 20 мм с перестановкой трубы в держателе до 25 см; 2) для остроовальных штанг размерами 40 × 20 мм и с перестановкой в держателе до 40 см и 3) для такого же размера штанг с перестановкой до 60 см.

Лебедочный штангодержатель состоит из разбирающейся устойчивой рамы, служащей основанием лебедки. К раме прикреплены кольца, расположенные вертикально одно под другим. Эти кольца, имея соответствующий профиль внутри, служат направляющими для свободно двигающейся в них штанги. К нижнему кольцу штанги от лебедки опущен трос, прикрепляемый к штанге. При каждом полном обороте рукоятки лебедки штанга перемещается на 200 мм.

4. Грузы

При работе с троса на больших глубинах вертушке придают больший вес при помощи дополнительных подвесных грузов разного веса в зависимости от глубины погружения и скорости течения потока. Подвесным грузам придается обтекаемая (рыбовидная или эллиптическая) форма в зависимости от веса. Для придонных работ грузы снабжают донными электрическими контактами. Грузы делаются весом 3, 5, 8, 25, 50 и 120 кг.

5. Секундомер

Для производства точного отсчета времени при гидрометрических работах применяются секундомеры, позволяющие производить отсчеты времени с точностью до 0,1 секунды. Секундомер имеет вид и размер нормальных часов и снабжен одной или двумя центральными стрелками и одной малой — на отдельной оси. Большая стрелка в зависимости от прибора дает показания от 0,1 до 0,01 секунды. Малая стрелка дает отсчеты секунд или десятков секунд.

Секундомер заводится как обыкновенные карманные часы, и имеет ход от $1^1/_2$ до 3 часов. Стрелка секундомера приводится в движение нажатием на головку. Новый нажим останавливает движение стрелок, и следующий нажим ставит обе стрелки на нулевое положение.

Обычно для гидрометрических работ применяются секундомеры с одной стрелкой и с показаниями до 0,1 секунды.

6. Сигнальный аппарат

Для счета контактов электрических вертушек, к каждому прибору придается сигнальный аппарат, состоящий из батареи и из двух последовательно соединенных гальванических элементов (сухоналивные или сухие, первые удобнее) и сигнального устройства в виде электрического звонка, или головного телефона, или электрической лампочки, или зуммера.

7. Счетчик

Для счета контактов (оборотов турбинки) в отдельных случаях пользуются ручными и электрическими счетчиками контактов; первый приводится в действие нажатием пальца на спуск, передвигая каждый раз стрелку на одно деление; второй действует автоматически, будучи включен в цепь с вертушкой и батареей.

8. Подвесная люлька

На быстротоках, при отсутствии через них мостов и переходов, пользуются подвешиваемой на специальный трос на блоках люлькой (легкой кабинкой); для этой цели основной трос (сечение его берется в зависимости от веса люльки и длины пролета и определяется по формуле, приведенной в п. 1 настоящего параграфа) перекидывается через поток и натягивается на специальных опорах. Ведущий трос обычно берется диаметром не свыше 5 мм.

Люлька на два человека может передвигаться на канате через поток, позволяя производить замеры скоростей в любой вертикали (рис. 4).

§ 33. Уход за гидрометрическими вертушками

Перед началом гидрометрической работы необходимо убедиться в исправном состоянии вертушки, что определяется легкостью и правильностью вращения лопастей и отчетливыми сигналами. Необходимо каждый раз проверять правильность постановки головок крепящих винтов.

По окончании работы вертушка должна быть промыта, осушена и снова смазана, контактные части протерты. У вертушек со стальными шариками особенно приходится обращать внимание на необходимость тщательной их осушки и смазки. При всех случаях разборки вертушек следует пользоваться только прилагаемыми к ним ключами и шпильками и не применять других, чем сберегается цельность деталей.

Ни при каких случаях не следует отвинчивать подпятник, так как его перемещение меняет тарировочные коэфициенты прибора. В случаях засорения подпятник следует протирать ватой, намотанной на конец шпильки. Так же осторожно следует обращаться с контактной пружинкой, наблюдая за сохранением ее формы. В случаях нарушения действия контактной системы пружинка и штифт должны быть прочищены торцевой частью сухой деревянной палочки и лишь в крайнем случае — осторожно ножом.

Не следует допускать ударов прибора, особенно ударов турбинкой, так как в одних случаях могут быть погнуты лопасти, чем вызывается разрегулировка прибора, а в других — повреждение агатового подпятника. Разрегулированную или с поврежденными подпятниками вертушку в работу пускать не следует, так как ее показания не будут соответствовать первоначальным ее тарировочным данным. Турбинка разрегулированной (с погнутой лопастью) вертушки стремится принять одно определенное положение вследствие перемещения центра тяжести лопастей. Исправлять в поле погнутость лопасти никогда не следует, так как таким путем придать ей первоначальное положение невозможно и вместе с тем легко поломать лопасть.

Повреждение подпятника определяется или характерным потрескиванием при вращении оси или затрудненным вращением прибора при опоре оси на подпятник, что легко определить, повернув прибор турбинкой вверх.

§ 34. Тарировка гидрометрических вертушек

1. Связь между числом оборотов вертушки и скоростью потока

Скорость течения водного потока определяется числом оборотов n лопастей вертушки в секунду. Для каждой вертушки данной скорости потока v соответствует свое число оборотов турбинки n в единицу времени, отличное от числа оборотов n какой-либо другой вертушки за тот же промежуток времени. Зависимость между скоростью потока v и числом оборотов n турбинки определяется путем т а р и р о в к и, т. е. испытаний каждой вертушки, производимых в совершенно определенных условиях. С этой целью вертушку испытывают в бассейне с неподвижной водой, заставляя ее двигаться в воде с определенной равномерной скоростью, производя запись длины пути, времени и числа оборотов для испытаний при различных скоростях. Полученные результаты переносятся на график и подвергаются обработке, в результате каковой для каждой вертушки строится тарировочная кривая $v = f(n)$ и составляется уравнение кривой. Для построения кривой по оси абсцисс откладываются значения n — количества оборотов пропеллера в секунду, а по оси ординат — соответствующие скорости v движения вертушки. Тарировочная кривая (рис. 51) состоит из двух частей: 1) криволинейного начального участка незначительной длины и 2) прямолинейного отреза, длина которого определяется тарировочными заданиями. Скорость, при которой кривая переходит из криволинейной в прямолинейную, называется критической скоростью.

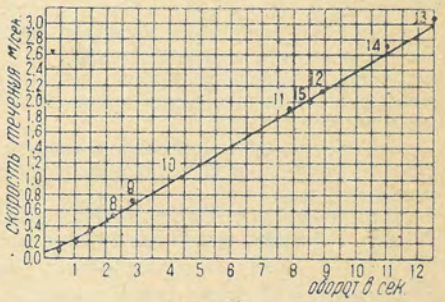


Рис. 51.

2. Уравнения тарировочных кривых

Уравнения тарировочных кривых различными авторами даются в отличных друг от друга формах.

Простейшая форма уравнения:

а) если пренебречь криволинейным участком: $v = a + bn$; (1),

б) если считать кривую за параболу: $v = a + bn + cn^2$, (2),

где v — скорость поступательного движения вертушки в стоячей воде (или водного потока); n — число оборотов лопастей в секунду, а b и c — тарировочные коэфициенты, постоянные прибора, зависящие от его конструктивных особенностей.

Если бы тарировочный график представлял прямую линию, то коэфициент a имел бы значение, равное начальной (нулевой) скорости верхушки, т. е. скорости, при которой лопасть начинает вращаться. Иными словами, a определял бы «чувствительность» вертушки. Для вертушек с горизонтальной осью и винтовыми лопастями b получало бы значение шага винта.

На самом же деле, так как график обычно имеет вначале криволинейный участок, коэфициенты a и b, эти значения утрачивают, хотя и остаются по абсолютным своим величинам близкими к ним.

Из других видов уравнений гиперболического типа $v = an + \sqrt{bn^2 + c}$ (3) можно отметить следующие:

а) уравнение в форме Баумгартена:

$$v = pn + \sqrt{q^2n^2 + v_o^2}; \quad (4)$$

б) уравнение в форме Шмидта:

$$v = (1 - \beta)\, kn + \sqrt{\beta^2 k^2 n^2 + v_o^2}. \quad (5)$$

Уравнение вертушки для прямолинейной формы составляется или методом центральных точек или по способу наименьших квадратов. Более сложное составление уравнения для криволинейной формы производится на тарировочных станциях по способу наименьших квадратов, по методам Ш м и д т а, О т т а, К о л л у п а й л о и др.

С п о с о б ц е н т р а л ь н ы х т о ч е к состоит в том, что на клетчатку по тарировочным данным откладываются величины v и соответственно им величины n, определяющие на графике положение точек кривой и ее общее направление. Точки, резко отклоняющиеся от общего направления линии, исключаются.

Все точки прямолинейного участка делятся на два равных по длине участка группы, и для каждой группы вычисляются средние арифметические для v и n.

Для первой группы получаются средние значения v_1 и n_1, для второй — v_2 и n_2. Решением совместно двух уравнений:

$$v_1 = a + bn_1; \quad v_2 = a + bn_2$$

определяется значение тарировочных коэфициентов a и b:

$$a = \frac{n_1 v_2 - n_2 v_1}{n_1 - n_2}; \quad b = \frac{v_1 - v_2}{n_1 - n_2}. \quad (6)$$

3. Тарировочная таблица

Для удобства по уравнению тарировочной кривой составляют тарировочную таблицу вертушки, упрощающую при работе с вертушкой перевод показаний вертушки в скоростные данные.

Таблицы составляются путем решения тарировочных уравнений при последовательной подстановке в уравнение различных числовых значений n — числа оборотов турбинки. Форма тарировочной таблицы см. стр. 347.

4. Тарировочные бассейны

Тарировка вертушек обычно производится в специальных т а р и р о в о ч н ы х б а с с е й н а х. В настоящее время в СССР тарировочные бассейны имеются:

а) в **Ленинграде:**

1) **О п ы т н ы й б а с с е й н** Морского ведомства (Канал Крузенштерна, 2). Состоит из прямолинейного канала длиной 120 м, шириной 6,7 м и глубиной 3 м. Вертушки передвигаются электрической тележкой.

2) Б а с с е й н Г о с у д а р с т в е н н о г о г и д р о л о г и ч е с к о г о и н с т и т у т а (Васильевский остров, 2-я линия, 23). Состоит из круглого железного бассейна диаметром 5 м. Вертушки передвигаются при помощи карусели, приводимой в движение электромотором.

3) Бассейн Научно-исследовательского института гидротехники (круглый).

б) в **Москве:**

4) К а н а л Ц е н т р а л ь н о г о а э р о г и д р о д и н а м и ч е с к о г о и н с т и т у т а Ц А Г И (ул. Радио, 15). Канал длиной 120 м, шириной 6 м, глубиной от 3 до 6 м.

Тарировочная таблица

гидрометрической вертушки системы _____ №_____

Тарировочное уравнение:

_____ Тарировано_____193____г.

_____

n обор/сек	v — с к о р о с т ь в м/сек									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0										
1										
2										
3										

5) Т а р и р о в о ч н ы й к а н а л Л А Г И С (Лаборатории гидравлических исследований при Институте инженеров водного хозяйства). Прямолинейный канал длиной 40 м, шириной и глубиной по 1 м. Вертушки передвигаются с помощью электрической тележки.

6) Г и д р о м е т р и ч е с к и й к а н а л Ц е н т р а л ь н о г о у п р а в л е н и я е д и н о й г и д р о м е т е о р о л о г и ч е с к о й с л у ж б ы (ст. Кучино, Горьковской ж. д.). Открытый, замерзающий зимой канал длиной 63 м, шириной 2,5 м, глубиной 1,75 м. Вертушки перемещаются с помощью тележки, передвигаемой вручную. В настоящее время канал не работает.

в) в **Тетюшах:**

7) Г и д р о м е т р и ч е с к и й к а н а л о т к р ы т о г о т и п а. Тележка перемещается с помощью ручного ворота. (Канал не работает).

г) в **Тбилиси** (Тифлисе):

8) Г и д р о м е т р и ч е с к и й к а н а л Г и д р о м е т е о р о л о г и ч е с к о г о и н с т и т у т а (б. Опытно-исслед. института водного хозяйства ЗСФСР). Вертушки перемещаются с помощью электрической тележки ОТТа.

д) в **Ташкенте:**

9) К а н а л п р и И н с т и т у т е в о д н о г о х о з я й с т в а С р е д н е й А з и и.

Кроме того имеются тарировочные каналы в Ростове н/Д (ст. Аксай), Киеве и Одессе и строится канал в Новосибирске.

5. Полевая тарировка вертушек

В процессе работ встречаются случаи, когда бывает необходимо срочно произвести проверку вертушек; кроме того тарировку вертушки рекомендуется повторять по выполнении ею 250—300 точечных измерений, вследствие чего возникает необходимость тарировку вертушек осуществлять непосредственно в полевой обстановке.

В этом случае тарировка может вестись двумя методами: а) передвижением вертушки в неподвижной воде с определенными скоростями, т. е. методом обычной тарировки, или б) эталонированием.

Для работы первым методом выбирается участок с неподвижной водой (пруд, рукав реки, озеро, залив) глубиной не менее 1,5 м. В выбранном водоеме намечается и прокладывается линия хода, по которой во время тарировки будет производиться движение понтона, лодки, парома с вертушкой. Длина хода должна быть не менее 70—80 м, из них 50 м являются рабочим участком, а концевые — по 10—15 м оставляются для разгона и остановки понтона. Направление ходовой линии закрепляется створными знаками. Понтон или паром передвигают с помощью троса, наматываемого на берегу на лебедку. По направлению ходовой линии протягивается трос с марками. К корме понтона крепится оттяжка, во время движения его равномерно освобождаемая («травимая»).

Тарировка вертушек производится со штанги или на тросе, в зависимости от того, как она укрепляется. Вертушку крепят в воде, ставя на глубине 0,5—0,8 м от поверхности воды. По команде тарирующего приводится в действие лебедка, с заданной на каждый заезд скоростью.

В момент подачи сигнала включается секундомер, останавливаемый в момент сигнала, ближайшего к прохождению понтоном последней марки, при этом записываются отсчеты по секундомеру и обеим маркам.

Если расстояние между марками — L, число сосчитанных контактов — K, время пути между марками — t, число оборотов пропеллера между двумя сигналами — m, то скорость движения вертушки $v = \frac{L}{t}$ м/сек.; ей будет соответствовать $\frac{K}{t}$ контактов в секунду или $\frac{m \cdot K}{t}$ оборотов пропеллера.

Способ эталонирования состоит в одновременном наблюдении за работой в потоке двух вертушек — испытываемой и другой, принимаемой за исправную, служащую для тарируемой эталоном.

В случае движения понтона мотором или катером необходимо обеспечить как тарируемую, так и эталонную вертушки от действия турбулентной среды, остающейся за катером. С этой целью расстояние между катером и понтоном должно быть не менее 80—100 м.

ГЛАВА XIII

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ

§ 35. Полевые работы

1. Состав работ

Измерение расходов воды производится следующими методами:
а) гидрометрическими вертушками,
б) поплавками,
в) батометрами-тахиметрами,
г) гидравлическими трубками,
д) электрохимическим методом.

Каким бы методом ни производились измерения расходов воды, во время измерения должны быть произведены следующие работы:

а) наблюдается высота горизонта воды на основном посту, и если гидрометрический створ находится в стороне от поста, на значительном расстоянии, то и на створном посту;

б) измеряются глубины в намеченных промерных вертикалях створного сечения;

в) измеряются скорости течения воды в заранее выбранных скоростных вертикалях створа и в отдельных по глубине точках на них.

2. Наблюдение за горизонтом воды

Производится два раза — перед началом и после окончания измерений расхода воды.

Во время же паводка или вообще при резком колебании уровня и при наличии только одного створа наблюдения за уровнем воды производятся при начале и конце измерения на каждой скоростной вертикали. При наличии двух створов на основном посту наблюдают через полчаса, на створном посту — в начале и конце каждой вертикали.

3. Промеры глубины

Промеры глубины производятся по возможности тщательно, так как точность всего измерения расхода воды в значительной степени зависит от точности съемки профиля живого сечения.

На гидрометрической станции весь участок ее должен быть тщательно промерен (с повторением промеров в зависимости от изменяемости дна — 3—4 раза и более в год) способами, указанными в разделе втором «Справочника» (§ 8).

Число промерных вертикалей на профиль зависит от ширины реки и правильности живого сечения. Если дно имеет правильное очертание, то число промеров определяется согласно прилагаемой таблице:

Ширина реки	Промеры
До 1 м	Через 0,2 м
от 1 до 5 м	» 0,4 »
» 5 » 10 »	» 1 »
» 10 » 40 »	» 2 »
» 40 » 100 »	» 4 »
» 100 » 200 »	» 5—10 »
свыше 200 »	» 10—20 »

Если дно неправильное, то кроме указанных в таблице должны быть сделаны дополнительные промеры в промежуточных характерных точках (углубления, выступы).

При повторных измерениях глубин необходимо их производить всегда в одних и тех же вертикалях, для чего горизонтальные расстояния до промерных вертикалей отмеряются всегда от одной и той же постоянной точки на берегу (репер, свая, кол и т. д.).

Особенно тщательно делаются промеры по створу для определения расходов. Если оборудование створа постоянное (мост, трос), то места промер-

ных вертикалей отмечаются в начале работ непосредственно на этом оборудовании (зарубкой, краской, проволокой и пр.). Глубины на каждой вертикали измеряются дважды: штангой, размеченным тросом с грузом на конце, рейкой, наметкой или метрштоком с точностью до целых сантиметров.

4. Измерение расхода воды вертушкой

а) **Разбивка вертикалей.** По окончании промеров (если это делается в первый раз в данном пункте) вычерчивается карандашом на клетчатке, здесь же в поле, профиль живого сечения и уже по профилю определяются скоростные вертикали. Если профиль живого сечения имеет достаточно симметричные и пологие очертания, скоростные вертикали назначаются через равные промежутки по ширине реки, в остальных случаях вертикали назначаются в местах резких переломов дна (в углублениях и выступах).

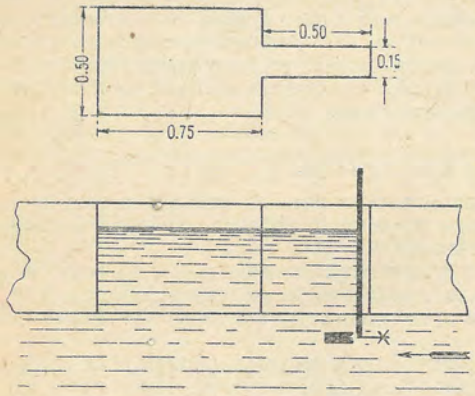


Рис. 52.

Число скоростных вертикалей выбирается от 5 до 12 и не больше 15. В случае измерения скорости течения с моста число промерных и скоростных вертикалей выбирается от 3 до 5 в каждом пролете отдельно (в середине пролета и у устоев).

Все вышеуказанные подготовительные работы к измерению скоростей применимы и для зимних измерений расходов, разница лишь та, что горизонтальные расстояния до промерных вертикалей отмеряются от постоянной точки на берегу непосредственно рулеткой, на месте вертикалей пробиваются во льду лунки размерами, позволяющими опускать в поток штангу, трос с грузом или рейку и т. п.; в скоростных вертикалях лунки делаются размерами, соответствующими длине корпуса вертушки вместе с ее рулем. Лунка имеет узкую щель (рис. 52), в которую заводится трос или штанга так, чтобы крылья вертушки находились в рабочем профиле.

б) **Измерение скорости течения в потоке.** Приступая к измерению скорости, необходимо предварительно проверить исправность работы вертушки и секундомера и тогда уже устанавливать вертушку поочередно на всех намеченных скоростных вертикалях, начиная от правого или левого берега. На каждой вертикали вертушку устанавливают в зависимости от точности работы в 5, 3, 2 и 1 точках. Производство измерений скорости начинается с донной или поверхностной точки, потом последовательно поднимаясь выше к поверхности воды или наоборот; глубина же погружения вертушки записывается все время от поверхности воды.

На каждой вертикали вертушка устанавливается в пяти точках:

1) у поверхности (лопасти вполне покрыты водой),
2) на 0,2 H от поверхности,
3) на 0,6 H от поверхности,
4) на 0,8 H от поверхности,

5) у дна (насколько позволяет конструкция вертушки)
(H — глубина скоростной вертикали).

При трехточечном методе берутся следующие точки:
0,2 H от поверхности,
0,6 H от поверхности,
0,8 H от поверхности.

При небольших глубинах поверхностные точки и у дна сливаются с точками на глубине 0,2 и 0,8, а потому пятиточечные измерения сами собой отпадают, и остаются только три точки: 0,2 H, 0,6 H и 0,8 H.

При двухточечном методе берутся скорости:
0,2 H от поверхности,
0,8 H от поверхности.

При одноточечном методе скорости измеряются в точке на 0,6 H от поверхности или только на поверхности.

Как при измерении в двух точках, так и в одной точке каждый раз должна быть указана причина отступления от пятиточечного измерения.

Продолжительность наблюдения скорости течения берется с таким расчетом, чтобы число оборотов лопастей было не больше 500 и не меньше 100, причем продолжительность наблюдения скорости как минимум берется:

у поверхности	— 2 мин.
на 0,2 H	— 2 »
» 0,6 H	— 3 »
» 0,8 H	— 4 »
у дна	— 5 »

Примечание. Если скорости течения измеряются при наличии ледяного покрова, то продолжительность наблюдения у нижней поверхности льда и на 0,2 H должна быть увеличена до 4 минут и взята добавочная точка на глубине 0,4 H. При слабом течении, менее чем через 0,20 м/сек, за основу берется указанное выше время, а не число оборотов, которых может быть меньше чем сто.

Число оборотов вертушки контролируется звонками, а время — секундомером. Для контроля правильности работы вертушки отсчеты по секундомеру берутся через каждые 25—50 оборотов, и в случае обнаружения неправильности работы (расходимость более 5%) наблюдения повторяются.

5. Определение расхода воды поплавками и батометрами

При поплавочных определениях расхода воды замеряются лишь поверхностные скорости течения (§ 30, п. 4) по возможности на разных вертикалях сечения, для чего поплавки забрасываются по всей ширине реки в количестве 10—20 и более штук, и засекаются их траектории.

При батометрических определениях расхода, скорости измеряются батометром-тахиметром (стр. 325, рис. 29, § 30, п. 2). Точки измерений располагаются так же, как указано в п. 4 при вертушечном способе работ.

6. Электро-химический метод

Электро-химический метод определения расходов воды заключается в следующем: в речной поток вводится раствор, чаще всего поваренной соли (NaCl), а затем ниже по течению берется проба воды и определяется ее концентрация.

Если обозначить через q расход в единицу времени раствора NaCl, вводимого в поток, C_3 — крепость или степень концентрации вводимого в реку раствора, Q — искомый расход воды в исследуемом потоке, C_2 — степень концентрации раствора в исследуемой пробе, то получается зависимость $QC_2 = qC_3$.

Но так как речная вода всегда содержит поваренную соль (NaCl) в некотором количестве (C_1), то предыдущая формула точнее примет вид:

$$Q(C_2 - C_1) = q(C_3 - C_1) \quad \text{или} \quad Q = q\frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1}. \qquad (6)$$

Место введения раствора лучше всего выбирать на таких участках реки, где возможно достичь скорейшего перемешивания струй, как-то: пороги, плотины и т. п. Если же подобных условий не существует, то необходимо увеличить время выпуска раствора и увеличить число пунктов его выпускания по поперечному сечению реки.

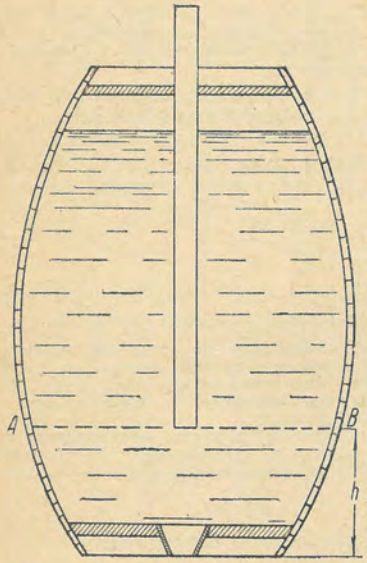


Рис. 53.

Необходимо, чтобы между пунктами пускания раствора и взятия проб не было никаких более или менее значительных притоков, так как это обстоятельство вносит в величину C_1 изменения, трудно поддающиеся учету.

Из растворов преимущество отдают поваренной соли как благодаря дешевизне этого раствора, безвредности и большой растворимости его в воде, так и благодаря существованию в аналитической практике чувствительных методов определения крепости (концентрации) раствора.

Необходимая точность этого метода достигается при условиях:

1) постоянства расхода начального раствора и точности определения его,

2) постоянства концентрации NaCl в начальном и конечном растворах,

3) точности определения содержания хлористого натрия в обоих растворах.

Для достижения постоянства расхода начального раствора применяется несколько типов сосудов, обеспечивающих вытекание жидкости при постоянном напоре.

Из них наиболее распространены в практике:

1) Сосуд Мариотта (рис. 53). Он представляет замкнутый цилиндр, внутрь которого пропускается трубка, находящаяся на высоте h над уровнем отверстия, через которое вытекает раствор.

Когда сосуд наполнен и выпускной кран еще не открыт, вода в трубке и сосуде стоит на одном уровне.

При открытии крана раствор начинает вытекать, над уровнем его образуется разреженное пространство, и в него начинают проскакивать пузырьки воздуха. С этого момента устанавливается устойчивое равновесие и весь сосуд как бы разбивается на две половины: верхнюю, служащую только для подачи раствора, и нижнюю, дающую постоянный напор вследствие постоянства давления везде в плоскости AB, равного атмосферному. Величина напора равна h, и как только уровень жидкости в сосуде понизится ниже AB, расход раствора будет уменьшаться. Таким образом «рабочий раствор» заключается только в верхней половине до AB; нижняя же часть служит только для поддержания постоянного напора и расходоваться ни в каком случае не должна.

Существенным недостатком этого сосуда является существование в нем давления воздуха меньше атмосферного. Поэтому необходимо делать его из прочного материала и наблюдать за герметичностью как стенок его, так и всевозможных соединительных частей.

2) Сосуд типа проф. Унвина (Unvin). В цилиндр (рис. 54) через трубу поступает жидкость в количестве, слегка превышающем расход ее через нижнее отверстие O; избыток сливается через водослив W и отводится наружу через кран C; наличностью водослива обеспечивается поддержание постоянной высоты напора. Стекающий же через водослив избыток раствора вновь сливается в сосуд, подающий раствор в цилиндр постоянного расхода. Указанный тип обладает тем недостатком, что в нем имеется довольно большое количество нерабочего раствора.

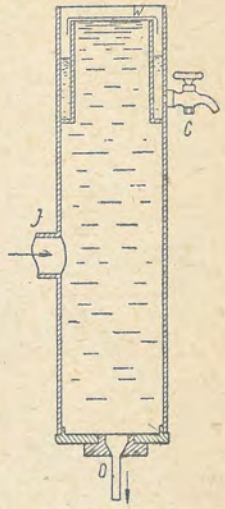


Рис. 54.

3) Сосуд типа Штромейера (Stromeyer) (рис. 55) представляет сифон, укрепленный на поплавке в цилиндрическом сосуде. Расход измеряется определением по хронометру времени, в течение которого уровень жидкости в сосуде понизится до определенной отметки.

Величину расхода можно изменять, поместив в конце сифона S кран. Точность сохранения или постоянства скорости течения по опытам Stromeyer'a достигает 0,25%. Трубка l служит для пополнения сосуда раствором.

При пользовании одним сосудом место установки его необходимо выбирать ближе к оси реки или же в случае порогов, плотины и т. п. — в местах, дающих наиболее благоприятные условия для скорейшего перемешивания воды.

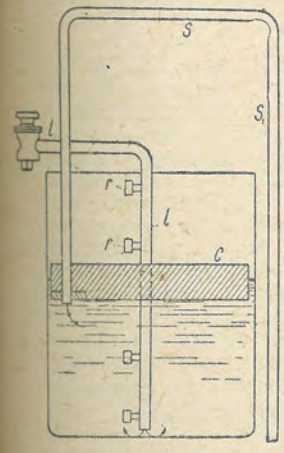


Рис. 55.

При пользовании несколькими сосудами (при больших расходах воды и большой ширине реки) их необходимо распределять более или менее равномерно в одном и том же поперечном профиле реки. При порожистых участках необходимо ставить сосуд там, где происходит наиболее бурное перемешивание речной воды.

Сосуды устанавливаются или на особых судах или же пользуются имеющимися мостами, быками и т. п. При устройстве искусственных опор необходимо принимать во внимание большой вес всей системы (сосуд + раствор).

Загрузка соли делается по расчету 250—300 г на литр. При более теплой воде загрузка может подходить ближе к верхнему пределу, в холодной же соль труднее растворяется. Соль загружается в сосуд, наполненный лишь до половины, и только после загрузки он доливается до конца.

Пробы воды для анализа берутся значительно ниже впуска раствора в реку (3—4 км) и в том месте, где есть уверенность, что получено полное перемешивание в реке раствора. Одновременно с пуском раствора в верхнем пунк-

те вливают или красящее (фуксин) или маслянистое (керосин, нефть) вещество, по которому определяют момент достижения раствором нижнего пункта. Пробы берутся с лодки на стрежне реки, зачерпывая воду ведром и переливая ее в бутылки, предварительно сполоснутые в той же речной воде. Бутылка со взятой пробой затыкается притертой пробкой и передается для анализа в лабораторию. Можно для взятия пробы воды не

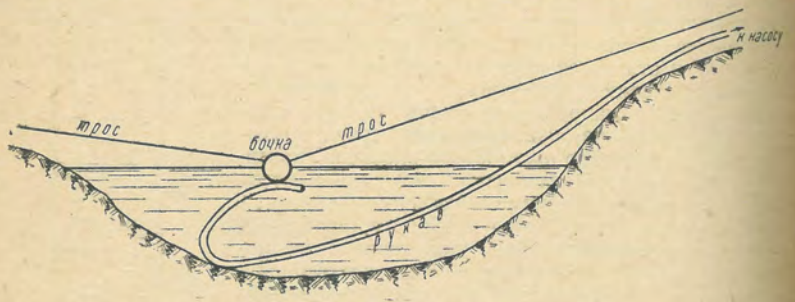


Рис. 56. Измерительный лоток.

выезжать на лодке на стрежень, а перекинуть поперек реки тонкий трос, к которому прикрепляют бочонок, а к бочонку — гибкий рукав, одним концом опущенный в воду, а другим находящийся на берегу. С помощью насосика воду из рукава переливают в бутылки (рис. 56).

7. Способы учета расходов на каналах осушительной и оросительной сетей и на малых водотоках

Для измерения расходов воды на каналах и малых водотоках, например, выходящих на поверхность подземных вод, в основном применяются два вида приборов: а) приборы, фиксирующие секундные расходы воды, б) приборы, дающие объемы воды за некоторый промежуток времени.

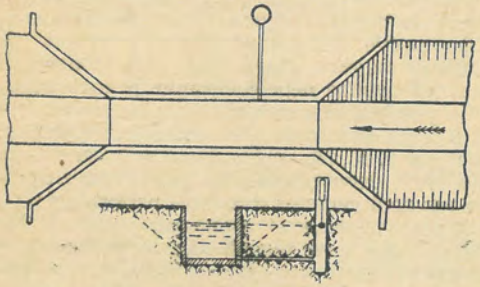


Рис. 57. Водосливный водомер.

К приборам 1-го типа (а) относятся описанные выше в § 30 и 31 вертушки, батометры, трубки Пито и др.; их употребляют на каналах в том случае, если имеются достаточная скорость и глубина воды в канале.

К этой же группе можно отнести дополнительно: 1) измерительные лотки, 2) водосливные водомеры, 3) щитовые водомеры, 4) трубчатые водомеры.

К приборам 2-й группы относятся автоматические водомеры и мерные сосуды.

а) **Измерительные лотки.** В малых каналах (транспортирующей и распределительной сети оросительной системы, в мелких каналах осушительной сети) устраиваются измерительные лотки прямоугольного сечения из дерева или бетона (рис. 57), причем площадь сечения лотка делается меньше, чем площадь сечения канала. Дно лотка приподнято над дном канала сантиметров на 5 для предупреждения отложения наносов. Уклон дна лотка берется такой же, как и уклон канала. Длина лотка берется в 2—3 раза больше ширины канала поверху. В измерительном лотке определяются расходы воды вертушкой или другим точным инструментом при разных уровнях, по этим данным строится кривая зависимости расходов воды от горизонтов, которая и остается для данного лотка постоянной.

Для определения расхода воды секундный расход найдется на этой кривой по замеренному для данного момента времени уровню воды в лотке. При наличии лимниграфа по кривой расходов легко построить кривую секундных и суммарных расходов за любой период времени.

Кривую зависимости расхода воды от горизонтов для измерительного лотка также можно построить по формуле Шези, уклон и коэфициент шероховатости для данного случая можно принять за величины постоянные; коэфициент шероховатости, взятый по формуле Базена или Гангилье и Куттера, лучше проверить замером расходов воды вертушкой.

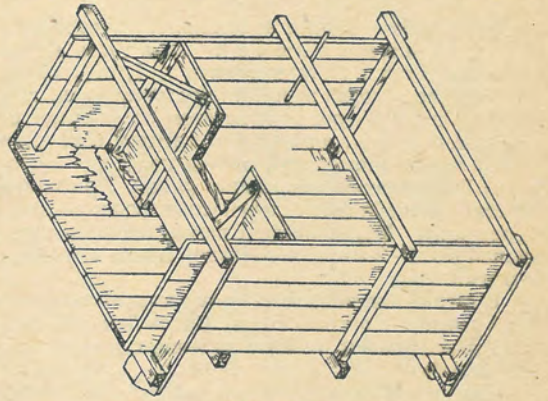


Рис. 58.

б) **Водосливные водомеры.** Водосливные водомеры употребляются для замеров расходов воды в водотоках со слабым течением и малых сечений.

Водосливные водомеры устраиваются с боковым сжатием и без бокового сжатия, отверстия делаются прямоугольной (Понселе), трапецоидальной (Чиполетти) и треугольной (Томсон) формы.

Установка водосливов может быть стационарной (постоянной) и временной (переносные рамки).

В первом случае обычно устраивается в канале ящик или лоток, через который проходит вся вода канала, а в ящике или лотке устанавливается той или иной формы водослив (рис. 58). Вместо ящика можно делать в канале перемычку, а в ней водосливное отверстие.

Во втором случае устраивается металлический или деревянный щит с водосливным отверстием. Для стационарного типа отверстие водослива должно быть подсчитано с таким расчетом, чтобы подводящая к водосливу скорость воды была не свыше 0,3 м/сек, порог должен иметь острый гребень и быть строго горизонтальным, высота воды над порогом должна быть не менее 0,05 — 0,10 м и не свыше 1 м. Длина сливной части порога берется от 0,5 до 2 м. Уровень измеряется не над самым порогом водослива, а отступая выше его по течению на 2—5 м (устраивается постоянный водомерный пост), отсчеты точнее брать по мерной рейке с крючком и нониусом. При жела-

нии получить непрерывные записи уровней устанавливается несколько выше водослива (до 5 м) лимниграф.

Для прямоугольных водосливов расчетная формула расхода имеет следующий вид:

$$Q=4{,}43\ m\ BH^3/_2\ \text{м}^3/\text{сек}, \qquad (7)$$

где m — коэфициент расхода,

B — ширина водослива в метрах,

H — высота воды над порогом водослива, взятая по посту или лимниграфной записи в метрах.

Для водослива без бокового сжатия по формуле Базена коэфициент

$$m=(0{,}405+\frac{0{,}0027}{H})\left[1+0{,}55\frac{H^2}{(H+p)^2}\right], \qquad (8)$$

где p — высота стенки водосливного отверстия (от гребня до пола).

В случае наличия сжатия коэфициент m определяется по формуле Эгли («Справочник», т. I, стр. 294).

Удобнее каждый водослив протарировать, т. е. определить кривую связи расхода воды и уровня подсчетом по формуле с проверкой некоторых расходов вертушкой, химическим методом и т. д., тогда по уровню на кривой связи можно определить расход воды для любого момента времени.

в) **Водосливные переносные рамки.** При измерении расхода воды до 0,03 м³/сек употребляются переносные водосливные рамки — металлические и деревянные. Металлические рамки изготовляются из листового железа толщиной в 1,5—2 мм, для придания жесткости к ним прикрепляются железные полоски (рис. 59).

В стенке имеется вырез прямоугольного, трапецоидального или треугольного сечения с острым краем. Вдоль боковых ребер нанесены деления в миллиметрах, причем нулевое деление совпадает с нижним ребром (порогом отверстия).

Для измерения расходов небольшого потока предварительно в месте установки щита снимают дерн на берегах, разрыхляют землю, и рамку вдавливают поперек русла перпендикулярно к течению, устанавливая ее нижнее ребро по возможности горизонтально.

Деревянный водосливный щит устраивается из досок, плотно пригнанных друг к другу и хорошо окрашенных масляной краской, края отверстия скошены под 45°, и кроме того вокруг него прибиты металлические планки, немного выступающие внутрь отверстия; боковые и нижнюю кромки (наружные) обивают железом так, чтобы получился острый угол.

г) **Щитовой водомер.** Щитовой водомер представляет собой ящик, в котором имеется щит, закрывающий отверстие, через которое протекает измеряемый расход воды (рис. 60).

Реек для измерения уровня воды устанавливается две: одна на метр выше, другая на метр ниже щита, нули реек устанавливаются на одном уровне.

Для обеспечения полного сжатия при щите с постоянным отверстием последнее устраивается так, чтобы расстояние от кромки его до дна и откосов было равно тройной высоте отверстия. Если отверстие делается переменным, что достигается поднятием и опусканием щита, то водомером работают обычно при подпертом нижнем горизонте. Щитовые водомеры должны быть протарированы.

В ирригационной практике применяется двухщитовой водомер с переменным отверстием (рис. 61). Открытие щитов должно быть протарировано водосливом; делается это путем открывания того или другого щита настолько,

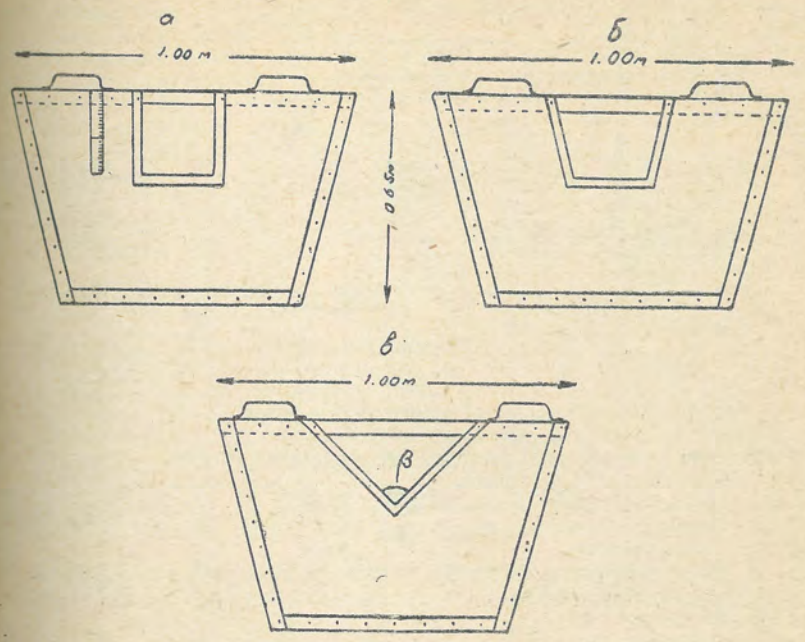


Рис. 59.

чтобы водослив показывал расход = 0,1 м³/сек, 0,2 м³/сек и т. д. Положение открытых щитов отмечается по рейке. По этим данным и соответствующему уровню составляется таблица, которой пользуются в дальнейшем.

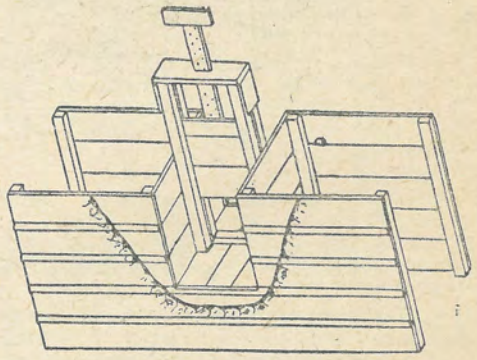


Рис. 60. Однощитовой водомер.

д) **Трубчатые водомеры.** В малых каналах, как, например, оросителях, воду пропускают сквозь трубу деревянную, бетонную или железную, снабжая ее различными затворами. Так как такие водомеры страдают некоторыми недостатками, то лучше употреблять усовершенствованные трубчатые водомеры, как водомер Кеннеди и водомер Вентури.

В последнее время употребляется открытый водомер Вентури, в котором разность напоров регистрируется самописцами (рис. 62).

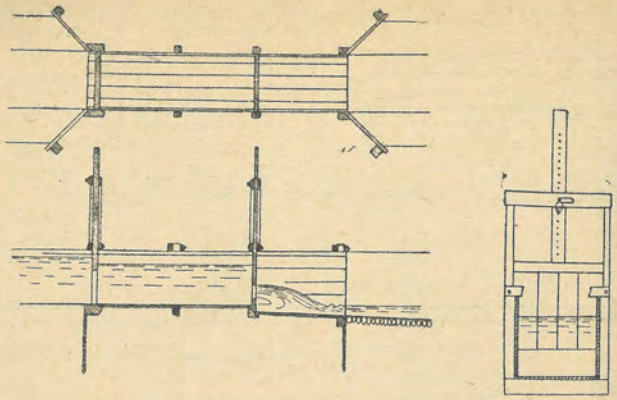


Рис. 61. Двухщитовой водомер.

Формула расхода для водомера Вентури следующая:

$$Q = c \cdot \frac{\omega_1 \omega_2}{\sqrt{\omega_1^2 - \omega_2^2}} \sqrt{2g(h_1 - h_2)}, \qquad (9)$$

где ω_1 и ω_2 — сечения во входной и в наиболее суженной части горловины; h_1 и h_2 — пьезометрические напоры, отвечающие этим сечениям; c — коэффициент = 0,95,

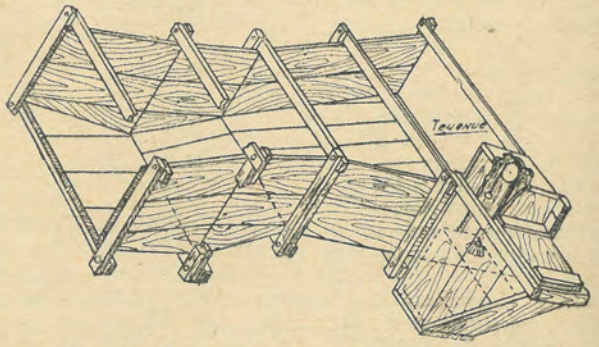


Рис. 62. Водомер Вентури (открытое русло).

е) **Автоматические водомеры.** К автоматическим водомерам относятся водомеры Грэйт-Уэстерн и водомер Рэлайнс. Оба вида водомеров имеют шкалу, показывающую, какое количество воды протекло по трубе; время определяют по часам.

ж) **Для измерения расхода подземных вод,** выходящих на поверхность земли, в зависимости от величины дебета источника употребляется тот или иной вид водомера.

Если дебет источника настолько значительный, что по выходе на дневную поверхность образуется ручеек достаточной глубины, расход воды определяется вертушкой малых размеров или водосливными и щитовыми водомерами или измерительными лотками.

Измерительный лоток с водосливной стенкой делается также переносным; такой лоток имеет металлический остов и парусиновые непроницаемые для воды стенки; лоток легко собрать для работы и быстро разобрать. Для получения непрерывной величины дебита источника устраивается при постоянных водомерах лимниграф.

Для каждого вида водомера удобнее заранее построить кривую зависимости расхода воды от уровня или составить таблицу.

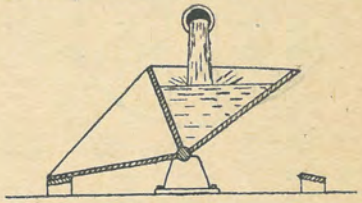


Рис. 63.

8. Приборы для измерения расхода воды объемным способом

Для очень малых источников, когда весь расход воды можно заключить в горизонтальную трубу небольшого диаметра, дебит воды измеряется непосредственно объемным способом:

1. Мерный ящик. Вода из трубы вливается в специальный ящик, в котором имеется шкала, показывающая объем в литрах, время определяется по секундомеру или часам. При более значительном дебите (более 10 л/сек) устраивается два сосуда, попеременно автоматически наполняющиеся водой; специальный счетчик регистрирует количество наполненных ящиков, время регистрируется по часам.

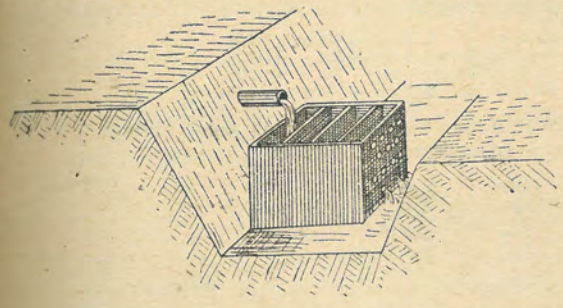


Рис. 64.

К последнему типу могут быть отнесены также качающиеся водомеры (рис. 63).

2. Водяные дюймы представляют собой ящики или щиты с круглыми отверстиями равных или разных диаметров. С верховой стороны поддерживают обычно постоянный напор тем, что в зависимости от расхода воды закрывают то или иное число отверстий пробками. О расходе воды судят по количеству открытых отверстий, каждое же отверстие в горизонтальном ряду имеет расход одинаковый, определяемый по формулам истечения воды через отверстия в тонкой стенке (лучше протарировать непосредственно). На рисунке 64 представлен водяной дюйм Мангона, перегородки в ящике служат для успокоения втекающей воды.

§ 36. Определение элементов сечения потока

1. Площадь живого сечения

При условии медленно изменяющегося течения, за площадь живого сечения потока можно принимать площадь его сечения, нормальную к его оси в данном месте.

Для определения площади поперечного сечения по данным журнала промеров наносят сначала линию среднего рабочего горизонта. За отметку этого горизонта принимается среднее арифметическое из отметок горизонтов воды во время промеров по водомерному посту, если за время наблюдений изменение площади живого сечения составляет не более 1% от начальной площади.

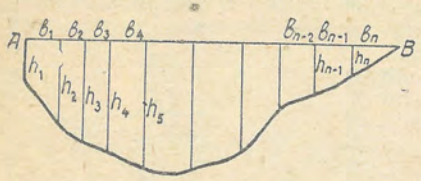


Рис. 65.

От линии среднего рабочего горизонта, на определенных расстояниях от начальной точки, откладываются на миллиметровой бумаге измеренные глубины h. Масштабы, употребляемые для построения площади живого сечения, примерно могут быть такими:

а) **Для горизонтальных расстояний** при расстоянии между крайними пунктами профиля:

до 7 м	в 1 см — 20 см	(1/20)
7—15	» 1 » — 50 »	(1/50)
15—35	» 1 » — 1 м	(1/100)
35—70	» 1 » — 2 »	(1/200)
70—140	» 1 » — 5 »	(1/500)
140—350	» 1 » — 10 »	(1/1000)
350 и более	» 1 » — 20 »	(1/2000)

б) **Для вертикальных расстояний** при расстоянии между максимальным уровнем и самой низшей точкой дна:

до 2 м	в 1 см — 10 см	(1/10)
от 2 до 4 см	в 1 см — 20 »	(1/20)
» 4 » 10 см	в 1 см — 50 »	(1/50)
10 и более	в 1 см — 1 м	(1/100)

Площадь живого сечения F может быть определена планиметром (рис. 65) или вычислена как сумма трапеций по формуле:

$$F = \sum_{k=1}^{k=n} f_k = \sum_{k=1}^{k=n} b_k \left(\frac{h_k + h_{k+1}}{2} \right), \qquad (10)$$

где b_1, b_2 ... расстояния между вертикалями; h_1, h_2 ... глубины воды на тех же вертикалях и f_1, f_2... — площади между вертикалями.

В случае обрывистых берегов, где глубины у берегов не равны нулю, крайние площади, так же как и средние, принимаются за трапеции, а при пологих берегах, где глубины у берегов могут быть приняты равными 0, эти площадки принимаются за треугольники. Таким образом величина площади фигуры, изображенной на рисунке 65, с крутым берегом слева и пологим справа, равна:

$$F = b_1 \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) + b_2 \left(\frac{h_2 + h_3}{2} \right) + \ldots b_k \left(\frac{h_k + h_{k+1}}{2} \right) + \ldots b_{n-1} \left(\frac{h_{n-1} + h_n}{2} \right) + \frac{b_n h_n}{2} \qquad (11)$$

при равенстве расстояний между вертикалями: $b_1 = b_2 = \ldots = b_n = b$

$$F = b \left[\frac{h_1}{2} + h_2 + h_3 + \ldots h_n \right]. \qquad (11')$$

Однако расстояние между последней вертикалью и урезом воды обычно не бывает равно прочим, поэтому:

$$F = b_1 \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) + b \left(\frac{h_2}{2} + h_3 + \ldots h_n \right) \text{ при промерах от } B \text{ к } A \qquad (12)$$

$$\text{и } F = b \left(\frac{h_1}{2} + h_2 + \ldots h_{n-1} + \frac{h_n}{2} \right) + \frac{b_n h_n}{2} \text{ при промерах от } A \text{ к } B. \qquad (12')$$

В некоторых случаях удобно пользоваться формулой для определения площади F в другом виде, а именно:

$$F = \sum_{k=1}^{k=n} f_k = \sum_{k=1}^{k=n} h_k \left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2} \right). \qquad (13)$$

Для площади, изображенной на рисунке 65, с обрывистыми берегами слева и с пологими справа эта формула в развернутом виде напишется так:

$$F = \frac{b_1 h_1}{2} + h_2 \left(\frac{b_1 + b_2}{2} \right) + \ldots h_k \left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2} \right) + \ldots + h_n \left(\frac{b_{n-1} + b_n}{2} \right).$$

Очевидно, эта формула тождественна вышеприведенной (11).

При вычислении площади живого сечения с помощью планиметра надо помнить, что обычно вертикальные и горизонтальные масштабы профиля бывают различны. Так, если вертикальный масштаб профиля $\frac{1}{a}$, а горизонтальный $\frac{1}{b}$, то масштаб для площади живого сечения будет $\frac{1}{ab}$. Пусть при масштабе площади $\frac{1}{c^2}$ цена 1 деления планиметра будет h, тогда цена 1 деления планиметра h' при неоднородном масштабе определится из пропорции:

$$\frac{h'}{h} = \frac{1}{c^2} : \frac{1}{ab}, \quad \text{откуда } h' = h \frac{ab}{c^2}. \qquad (14)$$

Если измерение глубин производилось зимой, то обычно за глубину вертикали принимается глубина воды в лунке за вычетом средней толщины погруженной в воду части ледяного покрова, т. е. глубина каждой вертикали считается от нижней поверхности льда.

2. Смоченный периметр и гидравлический радиус

а) **Смоченный периметр** определяется по формуле:

$$P = \sum_{k=1}^{k=n} \sqrt{b_k^2 + (h_{k+1} - h_k)^2}; \qquad (15)$$

применительно к чертежу 65,

$$P = \sqrt{b_1^2 + (h_2 - h_1)^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_3 - h_2)^2} + \ldots + \ldots \sqrt{b_{n-1}^2 + (h_n - h_{n-1})^2} + \sqrt{b_n^2 + h_n^2}. \qquad (16)$$

При наличии ледяного покрова к смоченному периметру русла надо прибавлять длину нижней поверхности льда.

б) **Гидравлический радиус равен:**

$$R = \frac{F}{P} = \frac{\sum_{k=1}^{k=1} b_k \left(\frac{h_k + h_{k+1}}{2}\right)}{\sum_{k=1}^{k=n} \sqrt{b^2{}_k + (h_{k+1} - h_k)^2}} . \qquad (17)$$

в) **Средняя глубина живого сечения**

$$h_{ср} = \frac{F}{B} , \qquad (18)$$

где B — ширина реки.

3. Отметка среднего дна

В реках с легко изменяющимся руслом для характеристики состояния русла в данном сечении может быть принята отметка среднего дна, получающаяся как разность между отметкой горизонта воды и средней глубиной живого сечения. Для того чтобы эта отметка не зависела от высокого горизонта в момент измерения, ее относят к определенному постоянному уровню, обычно близкому к наинизшему.

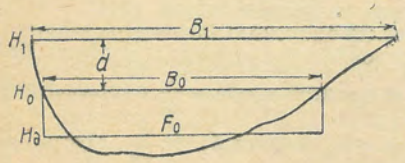


Рис. 66.

Пусть H_1 — отметка рабочего горизонта, H_0 — отметка условного низкого горизонта и H_∂ — отметка среднего дна.

На профиле живого сечения (рис. 66) откладывают вниз от рабочего горизонта H_1 разность $d = H_1 - H_0$, определяют ширину реки B_0 при условном горизонте H_0 и площадь живого сечения ниже условного горизонта F_0. Тогда отметка среднего дна:

$$H_\partial = H_0 - \frac{F_0}{B_0} . \qquad (19)$$

Если отметка среднего дна с течением времени повышается, то это говорит об отложении наносов в русле, а если она понижается, то это свидетельствует о происшедшем размыве его.

Откладывая по оси абсцисс время измерения живого сечения t, а по оси ординат отметку среднего дна H_∂, можно построить график изменения живого сечения по отметкам среднего дна.

§ 37. Обработка данных измерений расходов воды гидрометрическими вертушками

1. Общий метод подсчета расходов воды по данным измерений

Результатом обработки наблюдений, полученных с помощью гидрометрических приборов, являются величины скоростей (в отдельных точках, а также средних в отдельных сечениях потока или в некоторых направлениях течения его) и расходов.

Способы вычисления указанных элементов определяются характером самого прибора, способом измерений, производимых им, и желаемой точностью обработки.

Если считать, что площадь живого сечения потока перпендикулярна к направлению движения его частиц, двигающихся параллельно друг другу, то через одну секунду частицы, находящиеся в данном живом сечении ABC, продвинутся на величину скорости их движения и займут положение на кривой поверхности $AHGIB$ (рис. 67). Величина объема тела, образованного продвинувшимися за секунду частицами, даст секундный расход воды через сечение ABC. Это тело носит название м о д е л и р а с х о д а.

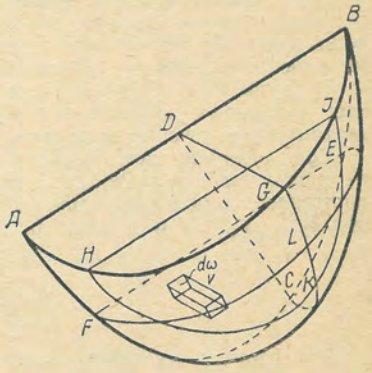


Рис. 67.

Аналитически величина расхода выражается формулой $\int_{ABC} v d\omega$,

где $vd\omega$ — объем элементарной призмы.

Если отдельные струи потока не перпендикулярны к живому сечению потока, а составляют с ним различные углы, несколько отличающиеся от 90°, что и бывает постоянно в действительности, то для получения объема модели расхода надо брать или проекции скоростей на направление, перпендикулярное к живому сечению, или применять приемы, дающие до некоторой степени величину этой проекции, например, устанавливать верхушку на штанге не по направлению струй, а в плоскости, перпендикулярной створу измерений.

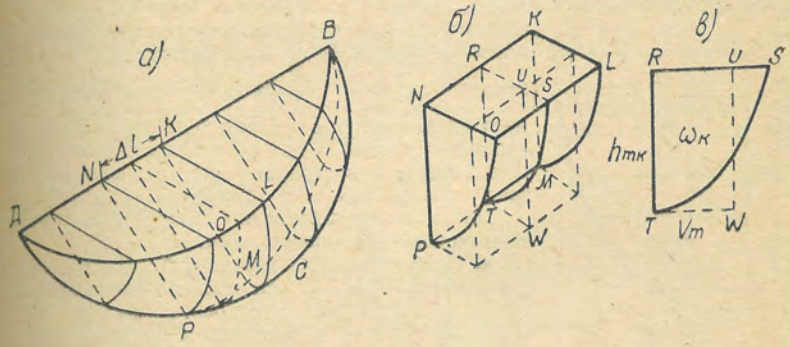


Рис. 68.

Ввиду того что закон распределения скоростей по живому сечению не известен, точное аналитическое определение модели расхода невозможно, и потому приходится прибегать к приближенным методам вычисления ее. Эти методы сводятся к разбивке модели расхода рядом: а) параллельных горизонтальных плоскостей, например FLE, или б) вертикальных плоскостей,

параллельных живому сечению HKI, или в) перпендикулярных к нему плоскостей DGC и вычислению суммы объемов их.

Другой прием вычисления объема модели расхода — это получение средней скорости по всему живому сечению, т. е. графически нахождение высоты равновеликого ей параллелограма с основанием ABC.

При обработке вертушечных наблюдений наиболее часто прибегают к разбивке моделей расхода плоскостями, перпендикулярными к плоскости живого сечения; значительно реже ее разбивают плоскостями, параллельными плоскости живого сечения (способ Кульмана).

В первом случае (рис. 68) весь расход исчисляется как сумма парциальных расходов — объемов $KLMNOP = \omega_k KN = \omega_k \Delta l_k$, где ω_k — среднее вертикальное сечение выделенного объема.

Если величину каждой такой площадки ω_k превратить в равновеликий ей прямоугольник $RUWT$, то очевидно, что основание его TW будет равно средней скорости V_m данной вертикали и $\omega_k = V_m h$, а парциальный расход $q_k = V_m h.\Delta l$ и полный расход

$$Q = \sum_{n=1}^{k=1} V_m \cdot h \Delta l. \qquad (20)$$

Эта формула является основной для определения расхода по средним скоростям на вертикалях. Графически вычисление расхода по этой формуле сводится к суммированию объемов призм с линейными размерами:

$$V_m,\ h \text{ и } \Delta l.$$

2. Определение средних скоростей по вертикалям

Обработка полевых материалов начинается с вычисления для каждой точки среднего числа оборотов n лопастей вертушки в одну секунду, получаемого как частное от деления полного числа оборотов вертушки N на продолжительность ее вращения T, т. е. $n = \frac{N}{T}$. Затем по полученному числу n определяется с точностью до 0,01 м в секунду скорость течения в данной точке вертикали путем подстановки n в тарировочное уравнение, по графику или по табличке тарировки (§ 33).

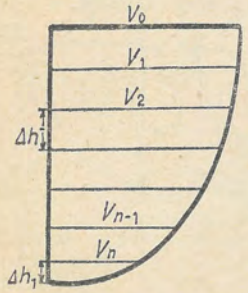


Рис. 69.

Для получения средней скорости по вертикали применяются следующие приемы:

а) **Графо-механический способ.** На миллиметровке (рис. 69) по оси ординат откладывается глубина вертикали, а по оси абсцисс в соответствующих точках — величины измеренных скоростей в них. Концы полученных точек соединяют плавной кривой, доводя ее до линии дна и поверхности воды, и получают так называемый г о д о г р а ф с к о р о с т и.

При вычерчивании применяются масштабы для глубин те же, что и при вычерчивании площади живого сечения, а для максимальных скоростей:

до 0,5 м в сек.	в 1 см	— 0,05 м/сек.
от 0,5 до 0,1 м в сек.	» 1 »	— 0,1 »
более 0,1 м в сек.	» 1 »	— 0,2 »

Если ω — площадь годографа, то очевидно средняя скорость по вертикали — $V_m = \frac{\omega}{h}$.

Определение площади годографа может быть выполнено путем двукратной обводки планиметра, причем оба отсчета планиметра не должны отличаться больше 0,1% от их среднего арифметического.

б) **Графо-аналитический способ.** Иначе эту площадь можно найти графо-аналитическим способом по формуле:

$$\omega = \Delta h \left(\frac{v^0}{2} + v_1 + v_2 + \dots v_{n-1} + \frac{v_n}{2} \right) + \frac{\Delta h_1 v_n}{2},$$

где n — число горизонтальных площадок, проведенных на равных расстояниях Δh сверху вниз, Δh_1 — высота самой нижней площадки. Этим способом удобно пользоваться при вычерчивании на миллиметровке.

в) **Способ Котеса,** равно как и следующий способ Ч е б ы ш е в а, основан на применении к определению площади годографа скоростей общих формул К о т е с а и Ч е б ы ш е в а для приближенного вычисления определенных интегралов.

Формула Котеса:

$$V_m = \frac{\omega}{h} = \frac{\int_0^h v dh}{h} = C_n^0 v_0 + C_n^{\mathrm{I}} v_1 + \dots C_n^n v_n \qquad (20')$$

в применении ее к пятиточечному методу определения скоростей приобретает вид:

$$V_m = C_5^0 v_0 + C_5^{\mathrm{I}} v_{0,2h} + C_5^{\mathrm{II}} v_{0,4h} + C_5^{\mathrm{III}} v_{0,6h} + C_5^{\mathrm{IV}} v_{0,8h} + C_5^{\mathrm{V}} v_h,$$

где

$$C_5^0 = C_5^{\mathrm{V}} = 0{,}066;\ C_5^{\mathrm{I}} = C_5^{\mathrm{IV}} = 0{,}260;\ C_{\mathrm{V}}^{\mathrm{II}} = C_5^{\mathrm{III}} = 0{,}174,$$

следовательно

$$V_m = 0{,}066\,(v_0 + v_n) + 0{,}260\,(v_{0,2h} + v_{0,8h}) + 0{,}174\,(v_{0,4h} + v_{0,6h}) \dots, \qquad (21)$$

где V_0 — скорость на поверхности, $v_{0,2h}$, $v_{0,4h}$ и т. д. — скорости на глубине 0,2 h, 0,4 h и т. д. Скорость на глубине 0,4 h получается путем аналитической или графической интерполяции между соседними измеренными скоростями.

г) **Способ Чебышева.** Формула Ч е б ы ш е в а для приближенного интегрирования имеет вид:

$$V_m = \frac{\int_0^h v dh}{h} = \frac{1}{n} (v_{h_1} + v_{h_2} + \dots + v_{hn} \dots, \qquad (22)$$

где h_1, h_2 выбираются таким образом, чтобы ординаты v_{h_1}, v_{h_2} входили бы в формулу с коэфициентом, равным единице.

Эта формула в применении к пятиточечному методу имеет вид:

$$V_m = \frac{v_{0,084h} + v_{0,313h} + v_{0,500h} + v_{0,687h} + v_{0,916h}}{5}. \qquad (23)$$

Для получения указанных скоростей $v_{0,084h}$, $v_{0,313h}$ и т. д. годограф скоростей вычерчивается на сетке специального вида, указанного на чертеже 70. Сред-

няя скорость равна среднему арифметическому из отсчетов по жирным абсциссам годографа.

д) **Способ трапеций.** Менее точный результат при применении пятиточечного метода дает формула:

$$V_m = 0{,}1\,(v_0 + 3v_{0{,}2h} + 3v_{0{,}6h} + 2v_{0{,}8h} + v_n), \qquad (24)$$

получаемая при вычислении площади годографа $ACDEFB$ как сумма площадей четырех трапеций (черт. 71).

е) При **трехточечном способе**

$$V_m = \frac{v_{0{,}2h} + 2v_{0{,}6h} + v_{0{,}8h}}{4}. \qquad (25)$$

ж) При **двухточечном способе**

$$V_m = \frac{v_{0{,}2h} + v_{0{,}8h}}{2}. \qquad (26)$$

В этом случае площадь годографа скоростей есть площадь трапеции $AGHB$, проходящей через концы абсцисс $v_{0{,}2h}+v_{0{,}8h}$. Этот способ с успехом применяется при определении зимних расходов под льдом.

з) При **одноточечном методе**

$$V_m = v_{0{,}6h}. \qquad (27)$$

Здесь за площадь годографа принимается площадь прямоугольника $AJKB$ (рис. 71).

Очевидно значение средней скорости V_m по трехточечному методу есть среднее арифметическое из значений по способам (ж) и (з).

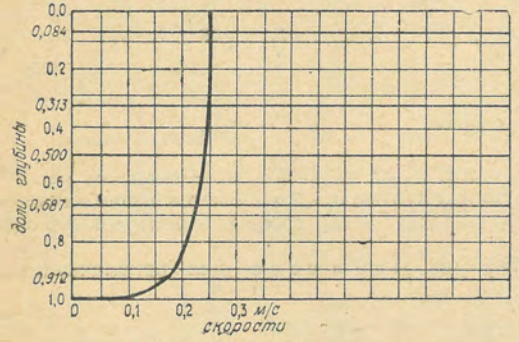


Рис. 70.

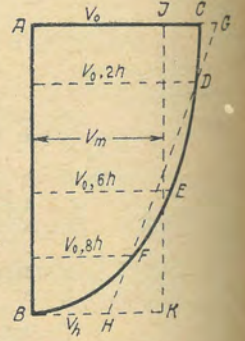


Рис. 71.

и) К **одноточечному методу** можно также отнести и формулу $V_m = Kv_0$, применяемую при невозможности измерить $v_{0{,}6h}$ (малая глубина, отсутствие вертушки). Среднее значение коэфициента K равно 0,85.

Многочисленные попытки дать аналитическую зависимость между V_m и v_0 на данной вертикали не привели к установлению общей формулы. Поэтому эту зависимость в случае надобности следует определять для каждого живого сечения и даже для каждой вертикали.

к) **Выбор способа измерения скоростей** представляет большое практическое значение. При условии измерения скоростей в пяти точках на вертикали по сравнительным подсчетам для 315 вертикалей, производимым Волховским строительством на Гостиннопольской станции, оказалось, что способы Чебышева и Котеса не уступают графо-механическому.

Гораздо важнее вопрос об уменьшении числа наблюдений на вертикали. На той же Гостиннопольской гидрометрической станции для 1 076 вертикалей было произведено сравнение результатов, полученных по двух-, трех- и одноточечному методам, с результатами, добытыми по одному из трех указанных выше пятиточечных методов. Оказалось, что на первом месте по точности здесь стоит трехточечный метод, на втором месте — двухточечный, на третьем — одноточечный по скорости $v_{0{,}6h}$ и на последнем — одноточечный по поверхностной скорости.

3. Вычисление расходов по средним скоростям на вертикалях

Для вычисления расхода по средней скорости по вертикали употребляются три способа: графо-механический (проф. Гарлахера), графо-аналитический и упрощенный аналитический.

а) **Графо-механический способ,** разработанный проф. Гарлахер, состоит в том, что операции по определению расхода производятся с помощью вычерчивания и планиметрирования. В этом случае полученная выше основная формула расхода $Q = \sum_{k=1}^{k=n} V_m h_k \Delta l$ преобразовывается следующим образом:

Так как $V_m \cdot h_k = \omega_k$

(где ω_k — площадь годографа скорости), то $Q = \sum_{k=1}^{k=h} \omega_k \Delta l$.

При увеличении числа сечений и уменьшении величины их эта сумма в пределе будет равна $Q = \int_A^B \omega dl$.

Графическое построение этой формулы ведется так (рис. 72). Прежде всего по данным промеров h_1, h_2 строится площадь живого сечения F. На продолжении вертикалей кверху от линии горизонта откладываются средние скорости по вертикалям V_1, V_2..... Концы полученных точек соединяют плавной кривой и получают так называемую эпюру средних скоростей. Далее для скоростных вертикалей и для промеров живого сечения, приходящихся в характерных точках его, составляют произведение глубины вертикали на величину средней скорости на ней: $\omega_k = h_k V_m$, причем для промерных вертикалей средняя скорость берется с эпюры средних скоростей.

Значения этих произведений, так называемые элементарные расходы, представляющие собой величины площадей годографа скоростей для соответствующих вертикалей, откладываются кверху, а иногда книзу от линии горизонта воды. Масштабы, в которых откладываются эпюры элементарных расходов, могут быть такие при наибольших элементарных расходах:

до 25 м³/сек.	в 1 см — 0,5—1,0 м³
от 25 до 50 м³/сек.	» 1 » — 2 м³
более 50 м³/сек.	» 1 » — 5 м³

Концы полученных линий соединяются плавной кривой, называемой эпюрой элементарных расходов (рис. 72).

Площадь, ограниченная двумя бесконечно близкими ординатами этой кривой, будет очевидно ωdl, а потому вся площадь, ограниченная эпюрой элементарных расходов и линией горизонта, будет равна расходу $Q = \int_0^l \omega dl$.

По графо-аналитическому способу интегрирование выполняется помощью определения величины площади Q планиметром. Эту обводку необходимо производить не менее трех раз с тем, чтобы отклонения полученных результатов составляли не более 0,5% от их среднего арифметического.

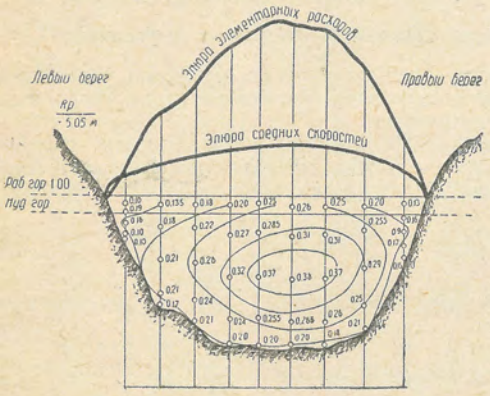


Рис. 72.

На рис. 72 концы эпюры средних скоростей и элементарных расходов доведены по краям до уровня воды, т. е. тем самым принято, что во взятых точках скорость равна 0, чего на самом деле может и не быть, особенно при обрывистых берегах.

Поэтому в случае желательности получения более точного подсчета величины расхода, эпюры средних скоростей и элементарных расходов доводят лишь до крайних вертикалей и в этих границах подсчитывают площадь, ограниченную кривой расхода.

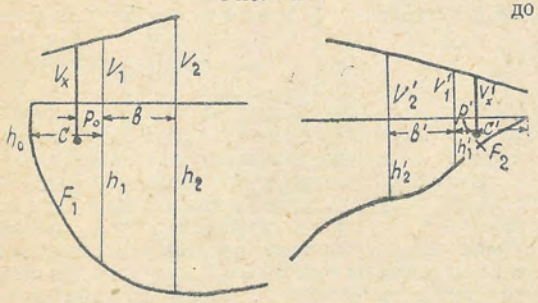


Рис. 73.

Расходы же через концевые участки вычисляются, как произведения площадей этих участков на средние скорости для центра тяжести их, полученные по экстраполяции от двух соседних вертикалей (рис 73). Площади F_1 и F_2 (трапеция для обрывистых берегов и треугольник для пологих) могут быть найдены графически или аналитически.

Центр тяжести трапеции F_1

$$p_0 = \frac{c}{3}\,\frac{h_1 + 2h_0}{h_1 + h_0},$$

далее

$$V_x = V_1 - p_0\frac{(V_2 - V_1)}{b}; \quad F_1 = \frac{h_0 + h_1}{2}\cdot c \text{ и } Q = F_1 V_x.$$

Центр тяжести треугольника F_2:

$$p' = \frac{c'}{3}$$

$$V_x' = V_1' - \frac{p'(V_2' - V_1')}{b'};$$

$$F_2 = \frac{h_1' c'}{2} \text{ и } Q_2 = F_2 V_x'.$$

Полный расход сечения

$$Q = Q_0 + Q_1 + Q_2.$$

б) **Графо-аналитический** способ отличается от графо-механического тем, что площади эпюр скоростей и элементарных расходов вычисляются не обводкой планиметром, а аналитически путем разбивки на трапеции. По общей формуле расхода будет:

$$Q = \Sigma V_m h \Delta l = \Sigma q_k.$$

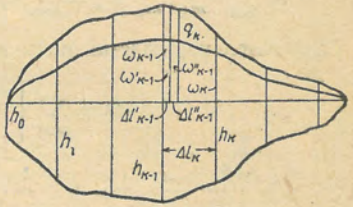


Рис. 74.

Площадь каждой трапеции между промерными вертикалями вообще (рис. 74):

$$q_k = \frac{\omega_{k-1} + \omega'_{k-1}}{2}\Delta l'_{k-1} + \frac{\omega'_{k-1} + \omega''_{k-1}}{2}\Delta l''_{k-1} + \cdots,$$

а для крайних точек с пологими берегами, где скорость у берега равна 0, $2q_k = \omega_n \Delta l_n$ и следовательно площадь фигуры, изображенной на рисунке 74 с крутыми берегами слева и пологими справа, будет равна:

$$Q = \sum q_k = \sum\left(\frac{\omega_{k-1} + \omega'_{k-1}}{2}\Delta l'_{k-1} + \frac{\omega'_{k-1} + \omega''_{k-1}}{2}\Delta l''_{k-1} \cdots\cdots\right) +$$

$$+ \frac{\omega_n \Delta l_n}{2} = \sum\left(\frac{h_{k-1}V_{k-1} + h'_{k-1}V'_{k-1}}{2}\Delta l'_{k-1} + \right.$$

$$\left. + \frac{h'_{k-1}V'_{k-1} + h''_{k-1}V''_{k-1}}{2}\Delta l''_{k-1} + \cdots\right) + \frac{h_n V_n \Delta l_n}{2}. \qquad (28)$$

Другой вид этой формулы будет:

$$Q = \sum\left(\omega'_{k-1}\,\frac{\Delta l_{k-1} + \Delta l'_{k-1}}{2} + \omega''_{k-1}\,\frac{\Delta l'_{k-1} + \Delta l''_{k-1}}{2} + \cdots\right) +$$

$$+ \frac{\omega_n \Delta l_n}{2} = \sum\left(h'_{k-1}V'_{k-1}\,\frac{\Delta l_{k-1} + \Delta l'_{k-1}}{2} + h''_{k-1}V''_{k-1}\,\frac{\Delta l'_{k-1} + \Delta l''_{k-1}}{2} + \right.$$

$$\left. + \cdots\right) + \frac{V_n h_n \Delta l_n}{2}. \qquad (29)$$

Если производить вычисления с меньшей точностью и принимать во внимание только скоростные вертикали, то возможно и не прибегать к построению кривой расхода. Таким образом получается упрощенный графо-аналитический способ:

$$Q=\sum q_k=\sum\frac{\omega_{k-1}+\omega_k}{2}\Delta l_k=\sum\omega_{k-1}\frac{\Delta l_{k-1}+\Delta l_k}{2}=$$
$$=\sum h_{k-1}V_{k-1}\frac{\Delta l_{k-1}+\Delta l_k}{2}.$$

в) **Аналитический способ.** В этом случае модель расхода разбивается плоскостями, перпендикулярными к площади живого сечения, на ряд секций. Общая формула расхода может быть преобразована следующим образом (рис. 75):

$$Q=\sum V'_{m_k}h'_{m_k}\Delta l_k=\sum\Delta f_k V'_{m_k}=\sum\Delta f_k\left(\frac{V_{m_{k-1}}+V_{m_k}}{2}\right).$$

Следовательно, подставляя значения Δf_k (рис. 74), получим, что расход

$$Q=\sum\left[\frac{h_{k-1}+h'_{k-1}}{2}\Delta l'_{k-1}+\right. \qquad (30)$$
$$\left.\frac{h'_{k-1}+h''_{k-1}}{2}\Delta l''_{k-1}+\dots\right]\left(\frac{V_{m_{k-1}}+V_{m_k}}{2}\right)+\frac{h_nV_n\Delta l_n}{2},$$

где последний член — расход через пологий концевой участок, если таковой имеется.

Упрощенный аналитический способ состоит в том, что при вычислении расхода промерные вертикали вовсе не принимаются во внимание, и тогда:

$$Q=\sum V'_{m_k}h'_m\ \Delta l_k=\sum\Delta f_kV'_{m_k}=$$
$$=\sum\left(\frac{h_{k-1}+h_k}{2}\Delta l\ \frac{V_{m_{k-1}}+V_{m_k}}{2}\right)+\frac{h_nV_n\Delta l_n}{2}$$

последний член для концевого участка при полном береге.

г) **Точность методов.** Наиболее точными из указанных методов являются графо-механический способ проф. Гарлахера и графо-аналитические методы, в которых принимается во внимание значение средней скорости во всех промерных вертикалях и учитывается влияние на элементарный расход глубины потока во всех промерных точках. Более грубые результаты дает аналитический метод и особенно в его упрощенной форме, где при вычислении площади живого сечения принимаются в расчет только глубины на скоростных вертикалях, а промерные вертикали отбрасываются. От этого способа несколько разнится прием вычисления расхода по упрощенному графо-аналитическому методу, где при вычислении площади, ограниченной кривой элементарных расходов и уровнем воды, промерные точки также не учитываются. По существу этот метод является уже не графо-аналитическим, а аналитическим, так как построение кривой расхода в ней не является необходимым.

д) **Приведение расхода** к условному уровню. Если во время измерения расхода колебания рабочего горизонта настолько велики, что влекут за собой

изменение площади живого сечения более чем на 1% от первоначальной величины ее, то за условный горизонт уже принимают не среднее арифметическое из отметок наблюдений за уровнем во время определения расхода, а его определяют следующим образом (рис. 76).

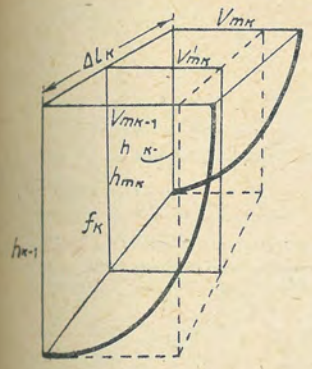


Рис. 75.

На площади живого сечения расстояния между скоростными вертикалями делятся пополам, и для каждой полученной таким образом полоски $f_1, f_2 \dots$ горизонт $H_1, H_2, H_3 \dots$

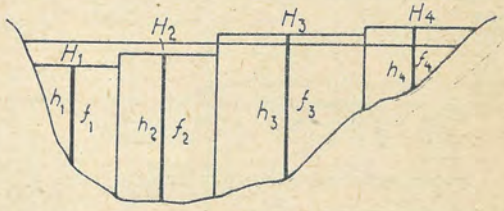


Рис. 76.

принимается за постоянный, равный средней отметке горизонта воды во время определения скоростей на этой вертикали. Если средние скорости для вертикалей $h_1, h_2, h_3 \dots$ будут $V_1, V_2, V_3 \dots$, то парциальные расходы через полоски $f_1, f_2, f_3 \dots$ будут $q_1=f_1V_1$, $q_2=f_2V_2 \dots$, а полный расход $Q=q_1+q_2+q_3 \dots$. Величина условного горизонта тогда определится из уравнения

$$H_0=\frac{q_1H_1+q_2H_2+\dots q_nH_n}{q_1+q_2\dots q_n}=\frac{\sum qH}{Q}.$$

От этого горизонта до дна реки и измеряются глубины всех промерных и скоростных вертикалей. Для большей точности следовало бы после вычисления условного горизонта исправить величины средней скорости на вертикали в зависимости от изменения глубины вертикали. Если измерения расходов делаются всегда на одних и тех же постоянных вертикалях, то это исправление наиболее удобно производить по предварительно построенному графику изменения средней скорости на данной вертикали от глубины ее h. Кривые зависимости V_m от h (рис. 77) могут получаться различные для периодов подъема и спада воды. Этими методами отдельных вертикалей удобно пользоваться для определения расхода при значительном колебании уровня. Тогда при построении эпюры средних скоростей эти величины соответственно горизонту берутся для каждой вертикали прямо с графика.

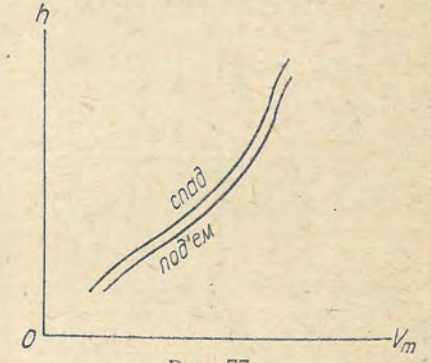


Рис. 77.

е) **Образцы записей измерений и вычислений.** Приводим образцы журналов для определения расходов воды вертушкой.

Образец журнала для определения расхода воды:

ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ
измерения расхода воды вертушкой

Управление гидрометеорологической службы Союза ССР

Станция № | Тип | Разряд

Река

Местонахождение станции

Бассейн

РАСХОД № .... *мес. 193 г.*

Место определения расхода $\frac{\text{выше}}{\text{ниже}}$ ..... м основного водопоста данной станции

Принятые данные	Состояние реки и погоды
Отм. гориз. воды на раб. проф. = ... м. Отм. гориз. воды на основн. в. п. = ... м. Поправка на дно . . . . . = ... м. Исправленный гор. воды . . . = ... м. Расход воды . . . . . Q = ... куб. $\frac{\text{м.}}{\text{сек.}}$ Площ. жив. сечения . . . . . F = ... кв. м. Средняя скорость . . . . . V = ... $\frac{\text{м.}}{\text{сек.}}$ Наибольшая скорость . . . Vm = ... $\frac{\text{м.}}{\text{сек.}}$ Ширина реки . . . . . L = ... м. Средняя глубина . . . . . H = ... м. Число вертикалей . . . . . N = ... Грунт на раб. створе состоит из ..... Средн. толщина погруженн. льда = ... м. » » » шуги = ... м.	Ясно, пасмурно, облачно, туман, гроза, дождь, снег, метель. Ветер: нет, слабый, средний, сильный, буря по течению, против течения, от $\frac{\text{лев.}}{\text{прав.}}$ берега. Чистая, несет сор. По стрежню, у $\frac{\text{лев.}}{\text{прав.}}$ берега. Мутность: отсутствует, слабая, сильная. Плывет сало, лед. На реке спокойно, рябь слабая, средняя, сильная волна. Выше, ниже вертикали, плоты, майны, торосы, наледь, снег, ровный, неровный. Рабочий створ $\frac{\text{расчищается}}{\text{не расчищается}}$ от снега

Горизонты воды	Основной пост			..... пост			..... пост		
	№ сваи	Отсч. по рейке	Отметка	№ сваи	Отсч. по рейке	Отметка	№ сваи	Отсч. по рейке	Отметка
В начале измер.									
В серед. изм. после « » верт.									
В конце измер.									
Принятые . .									

Падение между постами $H_1 - H_2 =$

Расстояние между постами $L =$ км

Уклон $J = \frac{H_1 - H_2}{L} =$

Промеры и вычисления площади живого сечения

№ промерных точек	Расстояние от постоянного начала в м	Толщина льда под водой в м	Толщина шуги в м	Глубина в м: Промеры 1	Промеры 2	Средн. за вычетом льда и шуги	Расстояние между промерами	Средняя глубина площадки	Площадь площадки	Площадь сечения между скоростными вертикалями
Урез лев. / прав. б.										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
Урез ....бер.										
	Σ =									
	Ср. =									

Площадь живого сечения F = кв. м.

Площ. живого сечен. за вычетом мертв. простр. F = кв.

Если при измерении расхода не делались промеры, то указать, к какому промеру отнесен расход .....

Измерение скоростей и аналитическая обработка расхода

№ вертикали	Расстояние от постоянного начала в м	1. Общ. глуб. 2. Толщ. льда 3. Толщ. шуги 4. Прин. глуб.	Глубина опускания вертушки	Через сколько оборотов произв. отсчет	ОТСЧЕТЫ ПО СЕКУНДОМЕРУ. Контакт вертушки через ..... оборот: 1	2	3	4	5	6	Общее количество сек.	Сумма оборотов вертушки	Число оборотов вертушки в секунду	Скорость течения м/сек.	Примит. средняя скорость вертикали	Полусумма скоростей смежных вертикалей	Площадь сечения между скоростными вертикалями	Расход между смежными вертикалями
1		1	пов.															
		2	0,2															
		3	0,6															
		4	0,8															
			дно															

Примечания: о помехах и затруднениях в работе и пр.

Расход воды Q = куб. м. в сек.

Обстановка работ	Для примечаний
Вертушка ..... №	
Лопасть №	
Вертушка опускалась { на тросе / на штанге } с понтона, лодки, мостика, люльки, парохода	
Контакт через ..... оборотов	
Метод наблюдений	
Тарировка № ..... «.....» ..... 193 г.	
Секундомер фирмы ..... №	
Выверенный	
Расход при обработке отнесен:	
к промеру «.....» ..... 193 г.	
к тарировке «.....» ..... 193 г.	
После последней тарировки измеряется ..... расход:	

Береговые участки реки	Берег	
	левый	прав.
Расстояние от пост. начала*) до уреза воды		
*) За постоянное начало принят		
Расстояние от пост. начала до ближайшей к урезу точки, где обнаружена поверхностная скорость (поплавком)		
Глубина в этой точке		

Начало работ . . . . ч. ..... м.

Конец . . . . ч. ..... м.

Продолжит. работ . . . . ч. ..... м.

Расход определил *Подсчеты проверил*

Расход обработал

4. Другие методы вычисления расходов воды

а) **Способ Кульмана.** Если модель расхода разбить плоскостями, параллельными плоскости живого сечения (рис. 78) через определенные значения скорости (например через 0,1 м), то в сечении этой модели получается ряд пластинок, основания которых равны величине ограничивающих плоскостей сечения, а толщина — расстоянию между сечениями. Проекции линий сечения плоскостями $f_1, f_2 \ldots$ на плоскость живого сечения дадут линии равных скоростей — изотахи. Для построения изотах на площади живого сечения реки на скоростных вертикалях подписываются значения скоростей в тех точках, где они измерялись. После этого, подобно тому как строятся горизонтали местности, через равные промежутки скорости (0,1; 0,2; 0,3...м/сек) проводятся плавные линии. Площади $f_1, f_2, f_3 \ldots$ внутри изотах, равно как и площадь живого сечения, определяются планиметром. Величина расхода равна сумме объемов всех пластинок, ограниченных плоскостями изотах:

$$Q = \Sigma q + q', \qquad (31)$$

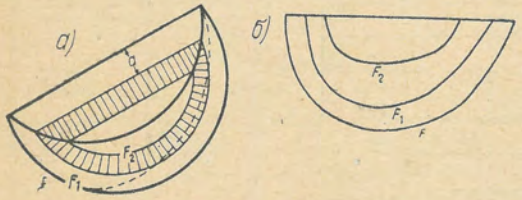


Рис. 78.

где q' — объем крайней пластинки.

б) **Вычисление расхода по формуле Шези.** Расход воды —

$$Q = FV,$$

где V — средняя скорость для всего живого сечения может быть для данного участка найдена по формуле Шези $V = C\sqrt{RI}$; входящий в эту формулу продольный уклон поверхности воды участка определяется нивелировкой кольев с достаточной точностью забитых одновременно в уровень с поверхностью воды в начале и конце участка. Уклон $I = \frac{\Delta H}{L}$, где ΔH — падение уровня воды по длине L, площадь живого сечения — F и гидравлический радиус — R находятся как среднее арифметическое из ряда этих величин, найденных для характерных поперечных профилей участка.

Для широких и мелких рек приближенно $R = H_m$ (средняя глубина).

Значение скоростного коэфициента * по Базену

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}},$$

по Гангилье и Куттеру

$$C = \frac{\frac{1}{n} + 23 + \frac{0{,}00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}},$$

* См. Срибный. Нормы сопротивления движению естественных водотоков, Москва, 1932, стр. 102.

по Форхгеймеру

$$C = \frac{1}{n} R^{0,2}.$$

в) **Определение коэфициента шероховатости русла.** Пользуясь последними формулами, нетрудно определить коэфициент шероховатости русла. Если определить инструментальными измерениями расход Q, то средняя скорость всего живого сечения

$$V = \frac{Q}{F} = C\sqrt{RI},$$

откуда

$$C = \frac{V}{\sqrt{RI}}.$$

Приравнивая полученное значение C вычисленному по одной из формул гидравлики, найдем коэфициент шероховатости.

Если пользоваться формулой Базена, то:

$$\gamma = \left(\frac{87\sqrt{RI}}{V} - 1\right)\sqrt{R}, \qquad (32)$$

а если формулой Гангилье и Куттера, то

$$n = \frac{\sqrt{R}}{pV}\left[\frac{p\sqrt{RI} - V}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p\sqrt{RI} - V}{2}\right)^2 - Vp\sqrt{I}}\right], \qquad (33)$$

где

$$p = 23 + \frac{0{,}00155}{I}.$$

Гораздо удобнее пользоваться для нахождения n формулой Форхгеймера

$$n = \frac{R^{0,7} I^{0,5}}{I},$$

откуда n легко находится логарифмированием.

Значения коэфициентов шероховатости для заросших, захламленных и заболоченных рек и каналов могут далеко превосходить данные, приводимые для них в курсах гидравлики.

§ 38. Определение расходов, замеренных не вертушечными способами

1. Вычисление расходов по скоростям, измеренным батометром-тахиметром

Процесс этих вычислений мало отличается от обработки вертушечных наблюдений. Деля количество притекшей в батометр воды (Q кубических сантиметров) при измерении в данной точке на время измерения в секундах, получаем приток воды в батометр в 1 сек. $q = Q/t$ см³/сек. По найденному q по тарировочной кривой находится соответствующая скорость v в м/сек. Затем вычисляется средняя скорость по вертикалям и вычисляется расход, чаще всего по упрощенному аналитическому методу.

2. Вычисление расходов при измерении скоростей поплавками

а) **Случай широкой реки** ($B>20$ м). В случае если река широкая и поплавков по ширине реки бросалось много, обработку наблюдения обычно ведут так. Определяется площадь живого сечения по главному створу F_2, по верхнему F_1 и нижнему F_3 и вычисляется среднее живое сечение.

$$F_m = \frac{F_1 + 2F_2 + F_3}{4}. \qquad (34)$$

Если разница между F_m и F_2 не превышает 4% от F_2, то вычисление относят к площади по главному створу, в противном же случае берется среднее сечение. При обработке аналитическим методом по плану траектории поплавков по ширине реки их объединяют в отдельные группы (рис. 79), на

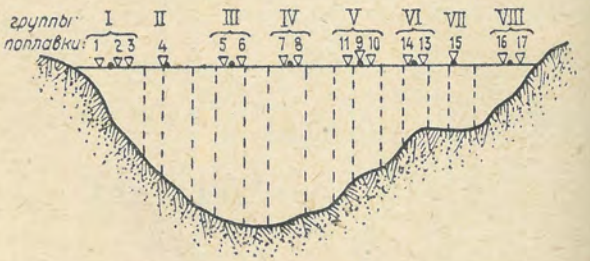


Рис. 79.

протяжении $^1/_5$—$^1/_{10}$ ширины ее по 1—5 поплавков, близких по направлению своего движения и по продолжительности хода (уклонение ее должно быть не более 10% от средней арифметической), и каждой группе дают определенный номер, считая от одного из берегов. Поплавки каждой группы заменяются фиктивным средним поплавком, место прохождения которого через главный створ определяется как среднее арифметическое из расстояний всех поплавков данной группы от начальной точки. Время прохождения поплавков между данными створами исчисляется как среднее арифметическое из времени прохождения отдельных поплавков, а глубина — по интерполяции от соседних промерных вертикалей. Местоположение этих средних поплавков в створе определяет положение в живом сечении скоростных вертикалей, а величина поверхностной скорости в них находится как частное от деления расстояния между дополнительными створами на продолжительность хода среднего поплавка $v = \frac{S}{t}$. Впрочем иногда для упрощения место прохождения среднего поплавка через главный створ относят к ближайшей промерной вертикали, принимаемой в этом случае за скоростную. В дальнейшем обработка ведется аналогично обработке по аналитическому методу для вертушечных наблюдений. Модель расхода разбивается плоскостями перпендикулярно к площади живого сечения на секции в предположении, что средняя скорость по вертикали равна поверхностной, и вычисляется объем этой

фиктивной модели расхода (рис. 80) или фиктивный расход $Q_{ф}$:

$$Q_{ф} = \sum\left[\left(\frac{h_{k-1}+h'_{k-1}}{2}\Delta l_k + \frac{h'_{k-1}+h''_{k-1}}{2}\Delta l'_k + \dots\right)\left(\frac{V_{0_{k-1}}+V_{0_k}}{2}\right)\right] + \frac{V_{0_1}\cdot h_1 \Delta l_1}{2} + \frac{V_{0_n}\cdot h_k \Delta l_n}{2},$$

где последние члены — расходы через пологие береговые участки профиля. Если берега обрываются круто, то этих членов может и не быть.

Действительный расход $Q_{\text{действ.}}$ находится по формуле

$Q_{\text{действ.}} = K \cdot Q_{\text{фикт.}}$, где $K = 0{,}90$—$0{,}95$.

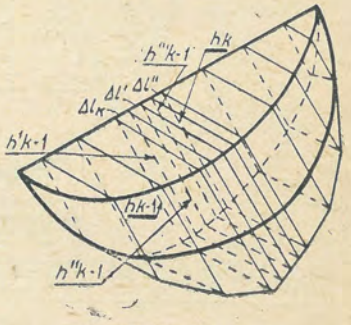


Рис. 80.

При обработке графо-механическим способом сначала вычерчивается площадь живого сечения, затем в местах прохождения поплавков через главный створ откладываются вверх значения поверхностных скоростей, строится эпюра поверхностных скоростей (рис. 81). Величины поверхностных скоростей, будучи умножены на величины соответствующих им глубин, дадут ординаты кривой фиктивных элементарных расходов; определенная планиметром площадь, ограниченная уровнем воды и этой кривой, дает фиктивный расход через все живое сечение. Этот фиктивный расход будет расходом преувеличенным, так как за среднюю скорость по вертикали принималась поверхностная скорость. Для перехода от фиктивного расхода к действительному, его, как и при аналитическом способе, умножают на коэфициент K, величина которого находится путем сравнения вертушечных расходов определенных не менее чем при трех различных горизонтах с поплавковыми. Следовательно

$$K_1 = \frac{Q_1 д}{Q_{1ф}};$$

$$K_2 = \frac{Q_2 д}{Q_{2ф}}; \quad K_3 = \frac{Q_3 д}{Q_{3ф}}.$$

Пользуясь этими данными, удобно построить кривую зависимости K от H (рис. 82), по которой для данной глубины легко находится соответствующее K. В случае отсутствия вертушечных расходов считают, что $K=0{,}90$—$0{,}95$.

Если обработка ведется графо-аналитическим способом, то площадь, ограниченная кривой элементарных фиктивных расходов, вычисляется аналитически.

б) **Случай нешироκой реки** ($B<20$ м). В этом случае, кроме указанных выше определений расхода, применяют и более упрощенный способ нахождения его по наибольшей поверхностной скорости. За площадь живого сечения берут величину $F_m = \frac{F_1 + 2F_2 + F_3}{4}$. При наблюдениях пускают 10—15 поплавков, из которых выбирают 2 с наименьшей продолжительностью хода. Среднее арифметическое из продолжительности их хода принимается за время движения наиболее быстрого поплавка, если оно не отличается бо-

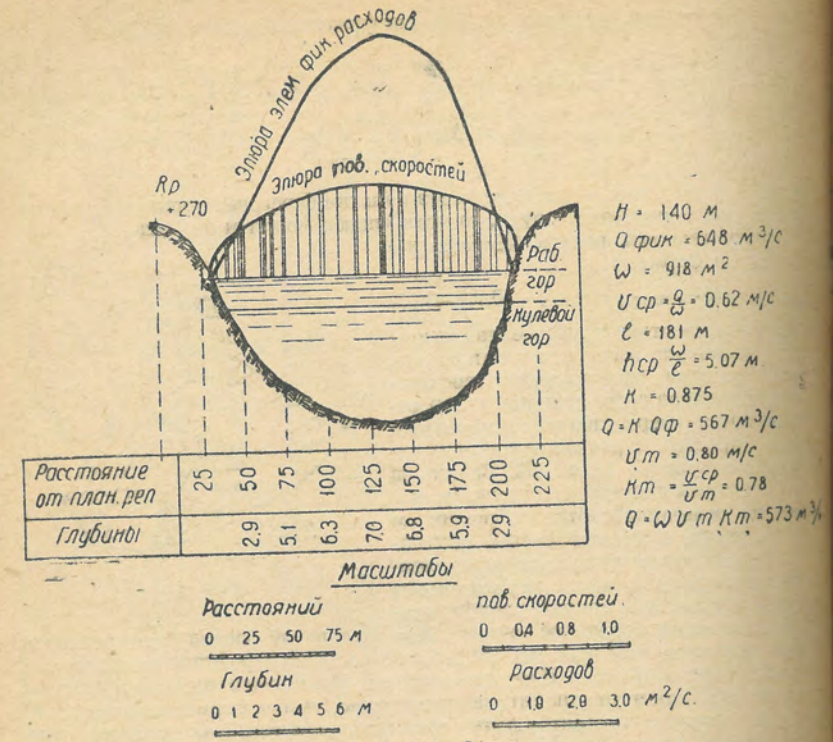


Рис. 81.

лее чем на 10% от продолжительности хода составляющих поплавков. В противном случае бросают дополнительные поплавки. Затем находится наибольшая поверхностная скорость ко всему живому сечению $V_{max} = \frac{s}{t_{min}}$. Средняя скорость всего живого сечения равна:

$$V_{ср.ж.с.} = K_0 V_{max},$$

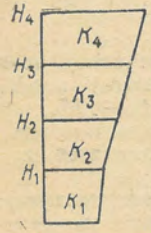


Рис. 82.

где K_0 по формуле Базена

$$K_0 = \frac{1}{1 + \frac{14}{C}}$$

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{R}}.$$

Здесь C — скоростной коэфициент и γ — коэфициент шероховатости по Базену, равный 1,3, 1,75 и более. Значение K_0 обычно колеблется в пределах приблизительно от 0,50 до 0,80 в зависимости от формы и шероховатости русла.

3. Определение расхода воды гидрометрическими шестами

В этом случае средняя скорость по вертикали находится по формуле $V_{ср.}$ вертикали $= K \cdot V$ шеста; коэфициент K определяется по формуле Френсиса:

$$K = 1 - 0{,}116\left(\sqrt{\frac{H-h}{H}} - 0{,}1\right), \qquad (35)$$

где H — глубина вертикали, h — длина погруженной части шеста. Если $h > 0{,}94\ H$, то $V_{ср.}$ по вертикали принимается равным V шеста, считая коэфициент $K = 1$. Дальнейшая обработка ведется по одному из изложенных способов, чаще всего аналитическому.

4. Обработка наблюдений над расходами воды по электро-химическому методу

Как выше было указано, в таком случае расход потока в электро-химическом методе определяется по формуле:

$$Q = q\frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1} \qquad \text{(см. § 35, п. 6)}.$$

Здесь C_1 — концентрация соли в речной воде; C_2 — в пробе и C_3 — во вливаемом растворе NaCl.

Концентрация проб чистой речной воды и с раствором NaCl определяется помощью мостика Уитстона, видоизмененного Кольраушем. Упрощенная схема мостика изображена на рисунке 83, где обозначено: r — исследуемое сопротивление, R — магазин сопротивления, T — телефон, B — батарея, $З$ — гудок, a и b — плечи мостика.

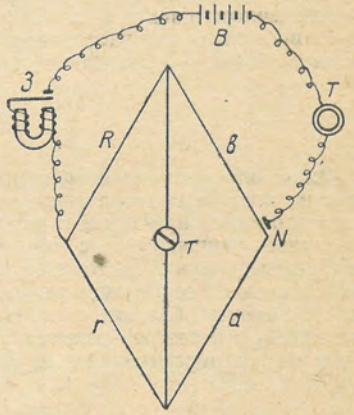


Рис. 83.

Передвигая контакт N по шкале ab, можно достигнуть того, что звук гудка в телефон почти не будет слышен. Тогда: $\frac{r}{R} = \frac{a}{b}$, откуда сопротивление пробы воды: $r = R\frac{a}{b} = kR$. Величина, обратная сопротивлению, называется электропроводностью. В слаборазбавленных растворах электропроводность E прямо пропорциональна концентрации соли, следовательно

$$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 = K(C_2 - C_1),$$

где попрежнему C_2 — содержание соли в пробе, а C_1 — содержание ее в речной воде. При этом температура оказывает заметное влияние на электропроводность, а потому все наблюдения должны быть приведены к одной и той же температуре t_0 по формуле $r_0 = r\,[1 - \alpha\,(t - t_0)]$.

Здесь r_0 — приведенное сопротивление; r — сопротивление пробы; α — температурный коэфициент $= 0{,}024$; t_0 — приведенная температура, t — температура наблюдения.

Ввиду сказанного для определения концентрации вливаемого из бака секундного расхода раствора q надо его разбавлять в n раз, приблизительно

до концентрации соли в месте взятия пробы, и также определить его сопротивление. Таким образом:

$$Q = q\frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1} = qn\frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = qn\frac{\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_1}}{\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}} = qn\frac{(r_1 - r_2)\cdot r_2}{(r_1 - r_2)\cdot r_3},$$

где C — концентрация, ε — электропроводность и r — приведенное сопротивление соответственно значкам: 3 — разбавленного раствора; 2 — пробы и 1 — речной воды.

Ход обработки результатов электро-химических наблюдений, произведенных, например, в 1924 г. по р. Тквибули на Кавказе, был таков. Пусть время выпуска раствора из бака T, а объем израсходованного за это время раствора — V, тогда секундный расход раствора

$$q = \frac{V}{T}.$$

Далее определялось сопротивление чистой речной воды, затем после начала появления раствора в 1,5 — 2 км ниже по течению реки через каждые 5 минут брались пробы и находилось их сопротивление, причем каждый раз измерялась температура с точностью до 0,1°. Затем сопротивления всех проб приводились к постоянной $t°$ по формуле $r_0 = r\,[1 - \alpha(t - t_0)]$, определялось среднее сопротивление чистой воды и сопротивление проб речной воды в моменты, близкие к его минимуму. После этого находилось сопротивление r_3 в n раз разбавленного раствора соли, выливаемой из бака. Наконец расход подсчитывался по формуле:

$$Q = qn\frac{(r_1 - r_3)\,r_2}{(r_1 - r_2)\,r_3}.$$

Для контроля некоторые расходы выборочно сравнивались с расходами, определенными вертушкой. Средняя расходимость данных электро-химического метода с вертушечным была 8%. При этом надо учитывать, что часть расходов находилась по кривой расхода, и к нему добавлялось 3% на приращение расхода по пути от водомерного поста до места взятия пробы, что понижало точность вертушечных данных. Электро-химический метод заслуживает внимания при определении расходов быстрых горных рек. Недостатком его является дороговизна.

ГЛАВА XIV

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ РАСХОДАМИ И ГОРИЗОНТАМИ ВОДЫ И ВЫЧИСЛЕНИЕ СТОКА

§ 39. Зависимости между расходами и горизонтами

Связь между расходами воды и горизонтами изображается в виде так называемой «кривой расхода» $Q = f(H)$. Эту кривую однако удается построить лишь тогда, когда точки в координатной системе Q и H дают небольшое рассеяние, т. е. при отсутствии переменного подпора, при наличии неизменяемого русла и прочих условиях, обеспечивающих получение более или менее

однозначной зависимости Q от H. Кривую расхода строят графически, когда не требуется особой точности ее построения, или же для нее находится аналитическая зависимость, дающая возможность лучшей интерполяции и экстраполяции.

Кривая строится по данным ведомости расходов, в которой указывается дата расхода, горизонта воды, расход Q, площадь живого сечения F; средняя скорость ее V_m, ширина B во время определения расхода и отмечаются некоторые другие данные (характеристика гидрометрического створа, оценка качества наблюдений, максимальная и средняя глубина, максимальная скорость, уклон, коэфициент шероховатости и т. д.).

1. Графический метод построения кривой расхода

Этот метод всегда предшествует аналитическому, а в том случае, когда не требуется нахождения аналитической зависимости, им вообще можно ограничиться. Каждая пара значений горизонта H и расхода Q на координатных осях Q и H определяет на плоскости точку. Масштабы для горизонтов и расходов выбирают таким образом, чтобы ряд полученных точек в общем шел примерно под $\angle$ 45° к обеим осям. Затем через нанесенные точки проводится наглаз плавная кривая. Одновременно на том же графике желательно построение кривых зависимости от горизонта воды площади живого сечения F и средней скорости V_m: $F = f_1(H)$ и $V_m = f_2(H)$ (рис. 84). Две из этих кривых в случае разбросанности точек третьей кривой могут служить для поверки этой последней, так как для каждого данного горизонта $Q = FV_m$. Если точки ложатся неширокой полосой, то удобнее применять метод центральных точек. Все точки разбиваются на 5—10 интервалов по высоте или на отдельные явно выраженные группы, если таковые имеются. Точки, сильно уклоняющиеся от общего хода, отбрасываются, если их уклонения можно считать случайными. Для всех точек каждого интервала находятся координаты их центров тяжести как среднее арифметическое из соответствующих координат отдельных точек интервала. Через полученные центры тяжести проводится плавная кривая. Достоинство метода — простота и чувствительность к индивидуальным особенностям кривой, недостаток — произвольность в построении кривой.

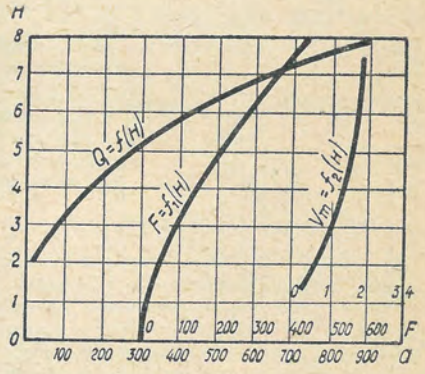


Рис. 84.

2. Аналитические методы

Аналитические методы в значительной мере (а способ наименьших квадратов и в полной) устраняют произвольность проведения кривой и дают возможность лучшей интерполяции и экстраполяции кривой.

а) **Параболическая кривая целой степени.** За уравнение кривой расхода принимают часто параболу второй степени $Q = A + BH + CH^2$ (реже, в случае большей пологости кривой, — параболу третьей степени $Q = A + BH + CH^2 +$

$+DH^3$). Наиболее точно коэфициенты уравнения параболы находятся по методу наименьших квадратов, составляя так называемые «нормальные уравнения» вида:

$$nA + B\sum H + C\sum H^2 - \sum Q = 0, \quad (36)$$

$$A\sum H + B\sum H^2 + C\sum H^3 - \sum QH = 0, \quad (37)$$

$$A\sum H^2 + B\sum H^3 + C\sum H^4 - \sum QH^2 = 0. \quad (38)$$

Решая три этих линейных относительно A, B и C уравнения, можно определить численные значения их и подставить в формулу $Q = A + BH + CH^2$. Давая ряд последовательных значений, нетрудно построить по данному уравнению и кривую.

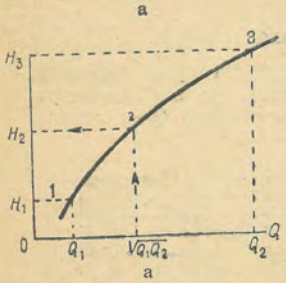


Рис. 85.

Более грубым путем коэфициенты A, B и C можно определить по трем точкам (в нижней, верхней и средней части), взятым с графически построенной кривой, или по центрам тяжести трех интервалов или групп точек, на которые разбиваются точки на плоскости координат Q и H.

б) **Логарифмический метод.** В вышеуказанном типе уравнения степень параболы выбирается заранее и притом выражается целым числом 2, реже 3, иногда 4. Между тем кривая может быть более точно выражена при дробном показателе степени. Этих недостатков лишено уравнение вида

$$Q = A(H + B)^m, \quad (39)$$

где m может быть и дробным числом.

Существует в практике гидрометрии несколько способов вычисления коэфициентов этого уравнения. Прежде всего при $H = -B$, $Q = 0$, т. е. B равно горизонту, при котором $Q = 0$. Следовательно, если из профиля реки известна отметка нулевого расхода, то коэфициент B легко находится. Если же горизонт нулевого расхода неизвестен, то для нахождения B, A и m применяется логарифмический метод. Прологарифмировав приведенное выше уравнение, получим: $\lg Q = \lg A + m\lg(H+B)$, т. е. $\lg Q$ и $\lg(H+B)$ связаны линейной зависимостью при некотором значении постоянного B. Это значение B находится по формуле:

$$B = \frac{H_2^2 - H_1H_3}{H_1 + H_3 - 2H_2}. \quad (40)$$

Для получения коэфициента B надо (черт. 85а) вычертить наглаз кривую расхода обычным графическим путем, взять вблизи начала и конца ее две точки I (H_1 Q_1) и 3 (H_3, Q_3), затем вычислить абсциссу третьей точки $Q_2 = \sqrt{Q_1Q_3}$ и для нее определить по графику H_2, после чего значения ординат H_1, H_3 и H_2 подставить в приведенную выше формулу для нахождения B. Когда B найдено, то в логарифмических координатах $\lg Q$ и $\lg(H+B)$ (рис. 85б) наносятся расходы и соответствующие им горизонты и через полученные точки проводится по натянутой нити прямая, угловой коэфициент m, который равен показателю степени параболы, а отрезок на оси $\lg Q$ равен $\lg A$. Более точно можно найти m и A, взяв две произвольных точки 1 и 2 с прямой CD и подставив значение их координат в уравнение $\lg Q = \lg A + m\lg(H+B)$. Для построения удобно пользоваться логарифмической бумагой. Так как для m получается обычно дробное значение, то его можно несколько округлить и по данному m снова определить коэфициенты A и B способом извлечения корня. В самом деле:

$$\sqrt[m]{Q} = \sqrt[m]{A}\ (H+B) = B\sqrt[m]{A} + H\sqrt[m]{A},$$

или, обозначив $B\sqrt[m]{A} = M$ и $\sqrt[m]{A} = N$, получим: $\sqrt[m]{Q} = M + NH$ — уравнение прямой в координатах $\sqrt[m]{Q}$ и H (рис. 86).

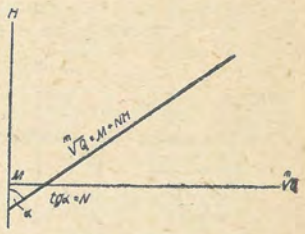


Рис. 86.

Для построения удобно пользоваться полулогарифмической бумагой или особой клетчаткой, где по оси абсцисс нанесены $\sqrt[m]{Q}$. Через полученные точки проводится прямая линия, угловой коэфициент которой равен величине N и отрезок на оси $\sqrt[m]{Q} = M$. Иначе M и N можно найти по двум точкам прямой, затем $A = N^m$ и $B = \frac{M}{N}$.

3. Построение кривой расхода при недостаточном числе наблюдений

Способ Стивенса дает возможность графического экстраполирования кривой расхода в том случае, когда имеются измеренные расходы, приуроченные к средним и низким горизонтам, и отсутствуют расходы, определенные для высоких уровней.

Способ Стивенса основан на следующих соображениях: на основании формулы Шези можно написать:

$$Q = FC\sqrt{RI},$$

или

$$Q = C\sqrt{I}\cdot F\sqrt{R}.$$

При высоких горизонтах произведение $C\sqrt{I}$ можно считать постоянным, а гидравлический радиус R — равным средней глубине $R = \frac{F}{B}$. Тогда вышеприведенное равенство принимает вид $Q = Ax$, где $A = C\sqrt{I}$, а $x = F\sqrt{h_m}$, т. е. расход Q при высоких горизонтах есть линейная функция от $F\sqrt{h_m}$. Отсюда вытекает следующий способ построения кривой расхода. Вычерчивается профиль живого сечения. Для нескольких (около 10) характерных расходов Q и соответствующих им горизонтов H определяют по этому профилю отвечающие им величины живого сечения и ширины реки, после чего находят средние глубины по формуле $h_m = \frac{F}{B}$ и численные значения выражений $F\sqrt{h_m}$. Далее во второй четверти координатного поля (рис. 87) строят зависимость $F\sqrt{h_m} = f_1(H)$, а в третьей — по двум определенным расходам Q

и соответствующим горизонтам H строится прямая $Q=f_2(F\sqrt{h_m})$. При помощи прямой, проходящей через начало координат в 4-й четверти под $\angle 45°$ к осям значения расходов Q, отвечающих данным горизонтам, H могут быть перенесены на ось абсцисс в 1-й четверти, где и строится кривая расхода $Q=f(H)$. Ход построения показан стрелками.

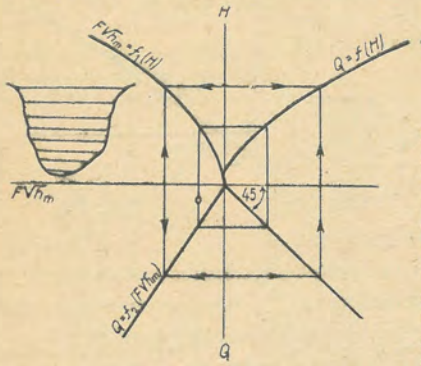


Рис. 87.

4. Построение кривой расхода при неустойчивом русле

В случае изменяемого русла точки, определяющие кривую расхода, ложатся крайне разбросанно, так что очень трудно провести через них определенную кривую. В этом случае обычно все же проводят наглаз кривую, наиболее отвечающую общему расположению точек, эту кривую принимают за «стандартную». Отклонения точек от этой стандартной кривой, происходящие с течением времени в силу изменения русла, определяют по способам Стаута или Бо́льстера.

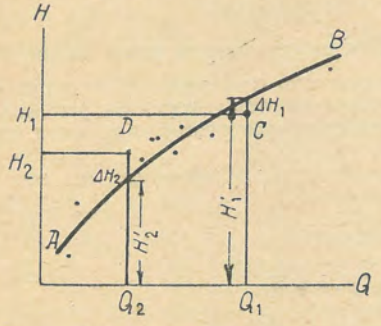


Рис. 88.

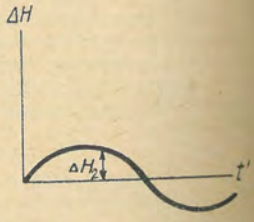


Рис. 89.

а) **При способе Стаута** пользуются кривой поправок на отклонение горизонтов, отвечающих фактическим расходам от горизонтов, соответствующих данному расходу по стандартной кривой. Пусть AB (рис. 88) стандартная кривая, а точки C и D соответствуют последовательно измеренным расходам Q_1 и Q_2 при горизонтах H_1 и H_2. Очевидно, что расход Q_1 соответствует по кривой расхода горизонту $H'_1=H_1+\Delta H_1$, а расход Q_2—горизонту $H'_2=H_2-\Delta H_2$. Следовательно в первом случае поправка на горизонт, отвечающая кривой расхода, будет положительна, а во втором отрицательна. Если по оси абсцисс (рис. 89) откладывать время t определения контрольных расходов, а на оси ординат поправки ΔH и через полученные точки провести плавную кривую, то для промежуточных сроков между контрольными определениями расходов можно брать с графика поправки $\Delta H=f(t)$, исправлять на них величины горизонтов $H'=H\pm\Delta H$ и по этим исправленным горизонтам

брать со стандартной кривой величины расходов Q. При этом часто строят исправленные на поправки графики ежедневных горизонтов, а по ним графики ежедневных расходов, измененных в соответствии с исправленными горизонтами.

б) **При применении метода Бо́льстера** все точки (Q,H) (рис. 90) наносятся за год в хронологическом порядке и соединяются тонкими прямыми. Сообразуясь с ними, проводится «стандартная кривая». Если считать, что вследствие изменений русла эта стандартная кривая перемещается параллельно самой себе, тогда расходы в промежуточное между измерениями время можно определить следующим образом. Пусть C—расход измерений в какое-нибудь время, а D — расход измерений через n дней. Если отрезок CD разделить на n равных частей, то расход для любого промежуточного дня можно определить по интерполяции, проводя через соответствующее деле-

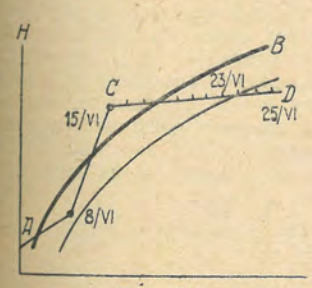


Рис. 90.

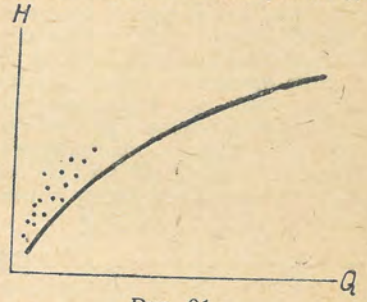


Рис. 91.

ние кривую, параллельную AB, и определяя по ней расход по наблюденному в этот день горизонту. Для удобства перемещения стандартной кривой параллельно самой себе ее можно перечертить на восковку.

5. Построение кривой расхода для зимнего периода

Наличие ледяного покрова, присутствие шуги и донного льда в различных количествах весьма разнообразно отражаются на расположении точек по отношению к летней кривой расхода. Очевидно однако, что в зимний период горизонтам, одинаковым по величине с летними, отвечают меньшие расходы, а потому зимние точки ложатся в плоскости (Q, H) выше летних (рис. 91). Вследствие разнообразия факторов, влияющих на зимние расходы, вопрос о построении зимней кривой расхода является весьма сложным, чем и объясняется разнообразие применяемых в этом случае способов. К числу последних относятся следующие:

а) строится отдельная кривая зависимости расходов от уровня воды в лунках;

б) иногда лучший результат дает кривая зависимости расходов от средней отметки нижней поверхности льда;

в) задерживающее сток влияние льда учитывается путем введения поправок на высоту уровня по летней кривой по способу Стаута или путем параллельного перенесения кривой расхода по способу Бо́льстера;

г) зимние расходы $Q_з$ определяются по летней кривой путем умножения летних расходов $Q_л$ на коэфициент K; $Q_з=K.Q_л$. Величину последнего коэфициента $K=\frac{Q_з}{Q_л}$ иногда удается найти как среднее арифметическое из ряда определенных соотношений.

Проф. С. М. Коллупайло[1] предлагает придавать уравнению зимней кривой вид $Q_з=KA(H+B)^m$. Давая K значения от 0,2 до 1,0, можно провести выше летней кривой $Q_л=A(H+B)^m$ пучек парабол. Затем по данным нескольких измерений можно построить зависимость $K=f(t)$ для данной зимы. Таким образом, взяв для любого дня по последней кривой значение K, а на летней кривой значение $Q_л$ можно найти $Q_з=KQ_л$.

Проф. А. В. Огиевский[2] дает довольно сложный способ определения K как функции от некоторых гидравлических, гидрологических и метеорологических факторов.

6. Построение кривой расхода при переменном уклоне

Так как при прохождении паводковой волны уклон воды в головной ее части больше, чем в задней, то при одном и том же горизонте при подъеме воды расход будет больше, чем при спаде. Поэтому могут быть вычерчены две кривых расхода: одна для подъема, другая для спада (рис. 92). Иногда эти две кривых проводят к одной нормальной, пользуясь способом Холля.

Если считать, что характер русла между двумя уклонными постами остается постоянным, то при одном и том же горизонте расходы будут пропорциональны корням квадратным из соответствующих им уклонов, или при постоянном расстоянии между постами — пропорциональны величинам падения горизонта воды между этими постами.

$$\frac{Q_k}{Q_n}=\frac{FC\sqrt{R}\sqrt{\frac{\Delta H_k}{l}}}{FC\sqrt{R}\sqrt{\frac{\Delta H_n}{l}}}, \qquad (41)$$

где ΔH_n — среднее падение между уклонными постами, принимаемое за нормальное; Q_n—расход, определенный по «нормальной» кривой расхода для постоянного падения ΔH_n, а ΔH_k и Q_k—любое наблюденное падение и расход. Пользуясь приведенным уравнением, легко построить нормальную кривую расхода по формуле:

$$Q_n=Q_k\sqrt{\frac{\Delta H_n}{\Delta H_k}} \qquad (42)$$

Посредством нормальной кривой расхода нетрудно затем определить по ней расход Q, соответствующий наблюденному горизонту H при некотором ином, чем нормальное, падении ΔH. В самом деле, данному горизонту H по нормальной кривой соответствует расход Q_n при нормальном падении ΔH_n, следовательно

$$Q=Q_n\sqrt{\frac{\Delta H}{\Delta H_n}}.$$

Если переменный уклон бывает обусловлен наличием переменного подпора, то для разных значений уклона I строится (рис. 93) семейство кривых

[1] Die Berechnung der Winterabflussmengen, Tallin, 1928.
[2] „Вісті". Науково-дослідчого Інституту Водного господарства України. Т. IV.

$Q=f(H,I)$. Для упрощения построения иногда для ряда значений Q при определенном уклоне I_k находят $C=\frac{Q}{F}\frac{1}{\sqrt{RI_k}}$ и, принимая его за постоянное и для других значений уклона, определяют соответствующие им значения Q_i по формуле:

$$Q_i=FC\sqrt{RI}.$$

Нередко кривую расхода для подпертых участков реки удается построить в координатах $\frac{Q}{\sqrt{I}}$ и H.

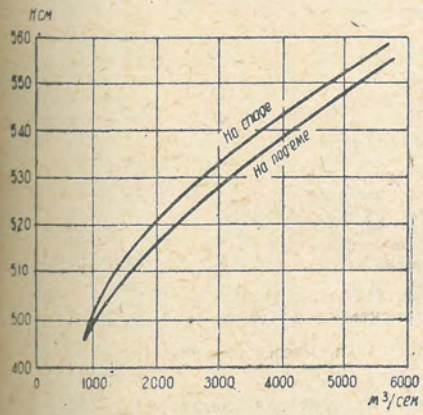


Рис. 92.

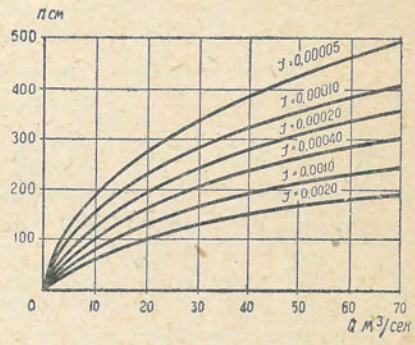


Рис. 93.

§ 40. Вычисление стока

Построение кривой расхода дает возможность произвести подсчет общего количества воды, протекающей за какой-либо период времени через то поперечное сечение потока, для которого построена кривая расхода. Вычисление стока производится следующим образом. Имея табличные данные или график колебания средних уровней за каждый день рассматриваемого периода, по данному уровню H в этот день находят по кривой расхода соответствующий ему секундный расход Q. Этот расход обычно принимают за средний секундный расход для данных суток. Полученные данные располагают в таблицу следующего вида:

Месяц . . . . . .

Число	Высота уровня H	Расход при открытом русле Q	Расход под льдом Q
1			
2			
3			
....			

По данным этой таблицы составляются графики колебания расходов во времени, т.е. гидрографы, а также кривые повторяемости и продолжительности расходов, пользуясь теми способами обработки материала, которые приме-

няются при обработке водомерных наблюдений (см. § 29). Далее, если средний секундный расход за каждые сутки рассматриваемого периода помножить на 86 400—число секунд в сутках, — то получится полный расход воды в реке за каждые сутки. Сложив расходы за все сутки периода и вынеся за скобки общий множитель 86 400, получим общую величину стока за весь период $S=86\,400\ \Sigma Q$, где ΣQ —сумма средних секундных расходов за каждые сутки периода.

Литература

1. Аполлов Б. А. и Лукашин М. И. Гидрометрия, 1932.
2. Белкова Е. Н. Инструкция по гидрометрическим исследованиям в связи с мелиоративными работами, 1930.
3. Близняк Е. В. Производство исследований рек, озер и водоразделов, 1933.
4. Владычанский В. И. Гидрометрия, 1930.
5. Советов С. А. Основы гидрологии (коллективн.), 1933.
6. Шестопал О. С. Гидрология и гидрометрия 1933.
7. Гириллович Н. А. Гидрометрия, 1933.
8. Гришин М. М. Гидротехнические изыскания, 1927.
9. Инструкция по водоэнергетическим изысканиям, ч. 2-я, Гидрологические работы, 1934.
10. Коллупайло. Гидрометрия, 1918.
11. Кочерин. Материалы по водным изысканиям в Крыму, 1916.
12. Крылов А. И. Гидрометрия, 1918.
13. Огиевский А. В. Гидрометрия и производство гидрометрических работ, 1934.
14. Обработка расходов воды. ГГИ, 1931.
15. Поляков Н. В. Организация и эксплоатация мелиорат. систем. Вып. 3, 1932.
16. Практическое руководство по построению кривой расходов. ГГИ, 1931.
17. Принц Е. Гидрогеология, 1932.
18. Сборник инструкций ОЗУ для производства гидрометрических работ. Изд. НКЗ УССР, 1925.
19. Hoyt and Grover, River Discharge, New-York, 1915.
20. Kolupaila. Dei debito kreivujo. Kaunas, 1924.
21. Liddel. Stream Gaging. New-York, 1927.
22. Mettler, Probleme und Konstruktionen aus der Hydrometrie. 1927.

ГЛАВА XV

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОГО РАСХОДА ПОТОКОВ

Твердый расход потока слагается из твердых веществ: 1) проносимых рекой во взвешенном состоянии по всему живому сечению, 2) влекомых по дну, т. е. передвигающихся в слоях, непосредственно соприкасающихся с дном реки, и 3) растворенных в воде.

§ 41. Приборы для взятия проб воды и наносов

1. Батометры

Батометры должны удовлетворять основному условию — брать пробу воды из строго определенного места и по возможности не нарушать естественного характера течений струй в момент попадания их в пробу. Это требование удовлетворяется следующими типами: 1) батометром для мгновенных проб с непрерывным сквозным протоком воды и 2) батометром с постепенным наполнением, в который струя вводится с неизменной скоростью.

Наиболее совершенными приборами первого типа являются батометры системы инж. Н. Н. Жуковского (рис. 94) и проф. Колле (рис. 95). Обе системы сходны между собой по идее конструкции. Лучшим среди приборов длительного наполнения можно считать батометр-тахиметр, указанный на стр. 325, затем идут батометр-мензурка, бутылка Мейера и обыкновенные бутылки.

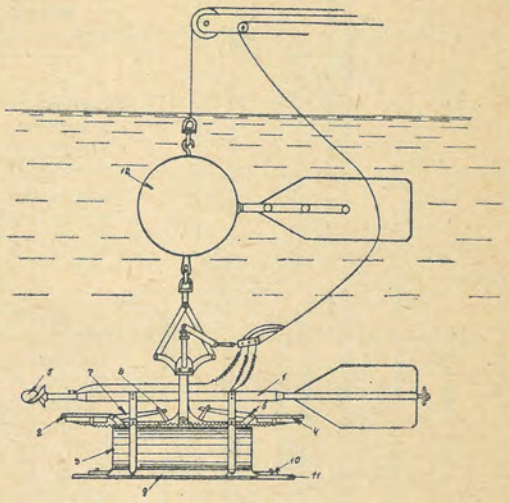


Рис. 94

а) **Батометр инж. Жуковского** новой конструкции (рис. 94) дает возможность делать массовые измерения на любых глубинах. Он представляет собой тонкий и гладкостенный призматический или цилиндрический сосуд с заостренными краями (*3*), которые снабжены металлическими крышками (*4*) с прочными ручками (*7*), концы которых приспособлены к сцеплению их с собачками (*8*). Крышки достаточно удалены от сосуда, таким образом ограничено возмущающее их действие на струю воды, втекающую и вытекающую из прибора. Обе крышки под действием двух сильных пружин могут быть мгновенно закрыты. Стороны крышек, обращенные к сосуду, выстланы слоем мягкой резины (*2*), чем достигается полное герметическое закрытие сосуда.

Батометр прикрепляется к средней нижней части металлической рамы (*1*). Две металлических полосы, плотно охватывающие сосуд, несут донное сигнальное устройство (*9*), состоящее из металлического стержня (*10*), наглухо прикрепленного к средним частям полос и плотно примыкающего к батометру. К стержню подвешено корытообразное тело (*11*), симметрично выступающее спереди и сзади за пределы батометра. В концевых частях стержня укреплено на изолирующих эбонитовых прокладках по кольцу; к каждому из них присоединено по одному проводу от двух самостоятельных цепей гальванического тока с введением в них двух электрических звонков различного тона. Если при опускании прибора до дна звенят оба звонка одновременно, то ложе реки однообразно и параллельно течению; сигнал одного из звонков указывает на существование донного

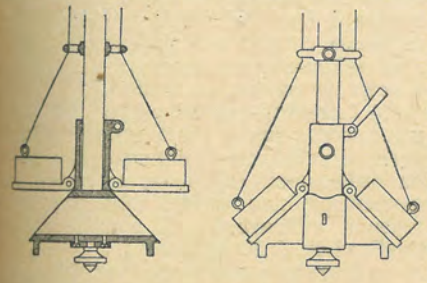


Рис. 95. Батометр Колле.

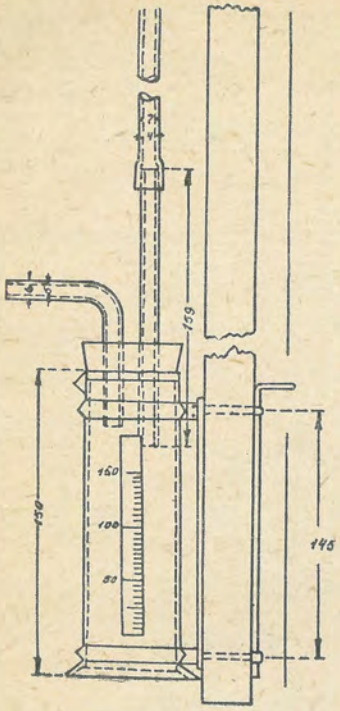


Рис. 96. Батометр-мензурка.

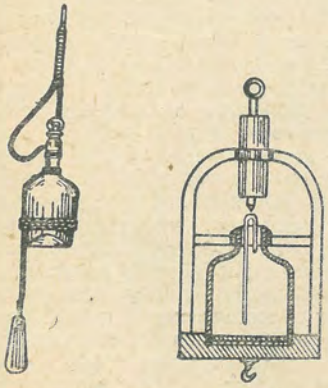


Рис. 97. Батометр Мейера (бутылка).

возвышения или выше по течению от входа в сосуд или ниже выхода из сосуда.

Характерной особенностью прибора является то, что проба воды берется малого протяжения струи, равного длине самого прибора. Следовательно, смесь воды и наносов в этот момент находится в состоянии поступательного движения, мало уклоняющегося от естественного. Батометр Жуковского дает возможность получить секундный расход наносов в единицу времени через единицу площади живого сечения. Зная скорости в точках забора батометрических проб и размеры батометра, имеем:

$$g = \frac{\gamma \cdot v}{l \cdot \omega}, \quad \frac{г}{м^2 сек}, \qquad (1)$$

где g — секундный расход наносов; γ — весовое количество наносов для данной пробы; v — скорость течения; l — длина батометра; ω — площадь поперечного сечения батометра.

В той же точке, в которой берется проба воды, измеряются скорости течения, для чего к переднему концу рамы неподвижно прикрепляется гидрометрическая вертушка с электрической сигнализацией. К заднему концу рамы неподвижно прикрепляется крестообразный поворотный руль.

Во избежание сноса прибора при значительных скоростях в тяговый шнур выше прибора вводится достаточно тяжелый груз (*12*) с самостоятельным рулем. Для спуска и подъема прибора при больших глубинах следует пользоваться лебедкой. При небольших глубинах и скоростях батометр спускается на штанге.

б) **Батометр-тахиметр** (рис. 29) принадлежит к числу батометров длительного наполнения, пригодных для работ на небольших глубинах, и служит одновременно для определения скоростей течения и взятия проб воды (описание прибора см. § 30, п. 2).

в) **Батометр-мензурка** (рис. 96) состоит из стеклянного градуированного на кубические сантиметры сосуда. Через резиновую пробку в него пропущены две стеклянных или металлических трубки. Одна из них, изогнутая, имеет внутренний диаметр 5 мм и направлена наружным концом против течения, второй конец внутри сосуда установлен выше последнего наибольшего деления шкалы. Вторая прямая трубка имеет внутренний диаметр 4 мм и выводит воздух, вытесняемый водой, поступающей в сосуд. Нижний конец этой трубки устанавливается на высоте того деления шкалы, до которого желают набрать пробу. Во время работы сосуд опускается в воду на штанге.

г) **Батометры-бутылки** (рис. 97) допускают работу на больших глубинах и опускаются в воду на веревке. Вырывая пробку или выдергивая дужку впускают в батометр воду. Недостатком этого типа батометров является быстрое всасывание воды, натекающей не только под влиянием скорости течения, но и гидростатического давления. Изменение естественной скорости струи при попадании в прибор влияет на состав и количество частиц наносов, взвешенных в воде, особенно когда втекание идет толчками благодаря выходу воздуха пузырьками.

2. Приборы для взятия проб донных наносов

Приборы, служащие для взятия проб донных наносов, носят название грунтоуловителей или ванночек.

а) **Донная ванночка** инж. Б. А. Аполлова (рис. 98) дает хорошие результаты при небольших придонных скоростях, но допускает работу и на больших глубинах. Прибор представляет собой металлическую коробку с боками и крышкой на шарнирах, сплошь покрытую с внутренней стороны резиной. Размеры дна 18×18 см, размер трапецоидальных крыльев 30,5×20,0 см; высота 12 см. В центре прибора помещена небольшая вертикальная плоскость, представляющая собой руль, благодаря которому ванночка всегда развертывается по течению. На руле укреплена компасная коробка диаметром 5 см, высотой 2,6 см, на дне ее помещен лимб. Для взятия проб ванночку опускают на дно с помощью лебедки; при установке ее на дно она открывается и раскладывается на поверхности дна. Наносы придонного слоя, идущие через ванночку, почти не нарушают своего режима. При касании ванночкой дна пускают секундомер, через 10—20 секунд поднимают вверх прибор и одновременно закрывают секундомер. При подъеме ванночки магнитная стрелка, укрепленная на руле, опускается на зубчатый лимб и покажет по нему угол, составленный течением с направлением магнитного меридиана. Ванночка захватывает три категории наносов: 1) отложившиеся на ней; 2) движущиеся в момент закрытия и 3) взвешенные в придонном слое.

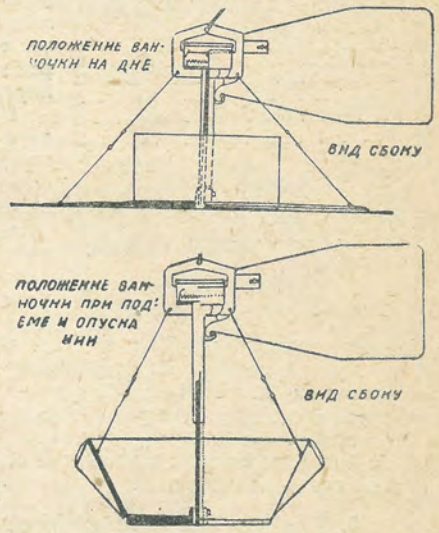


Рис. 98. Донная ванночка инж. Аполлова.

б) **Прибор инж. В. Н. Гончарова** (рис. 99) представляет собой металлический ящик четырехугольного сечения 10×10 см и длиной 40×59 см. Дно несколько изогнуто для того, чтобы нижняя крышка немного врезы-

валась в грунт. Прибор полностью открыт со стороны течения (*ав*), а с противоположной только вверху (*cd*). Ванночка устанавливается на дно с помощью штанги; наносы, влекомые по дну, поступают в нее и откладываются в концевой части, вода же с взвешенными наносами проходит в отверстие и попадает в укрепленный в конце прибора батометр-тахиметр проф. Глушкова (*h*).

в) **Донный грунтоуловитель проф. Шафернака** состоит из вертикальной рамы с горизонтальным металлическим листом внизу для подхода наносов. В основной раме движется вверх и вниз при помощи штанги внутренняя металлическая прямоугольная рама размерами 15×30 см, к ней прикреплен мешок для улавливания наносов, длина его около 110 см. Когда основная рама установлена на дне, спускается внутренняя рама с мешком.

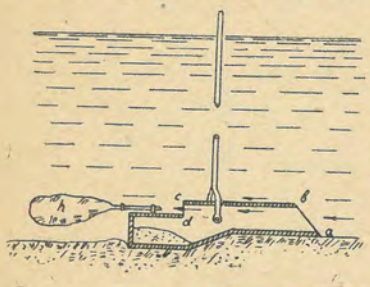


Рис. 99.

Работы на р. Дон показали, что прибор дает удовлетворительные результаты, пока рама с мешком приподнята. При опускании до дна создается подпор, и в мешок наносов не попадает.

г) **Донный грунтоуловитель инж. Курцмана** представляет собой жестяной ящик, открытый с одной стороны для захода наносов. Стенки ящика, кроме дна, решетчатые с отверстиями около 1 см. Недостаток этого прибора тот же, что и грунтоуловителя Шафернака.

д) Лучшие результаты получаются при работе с приборами Б. В. Полякова и А. И. Лосиевского, имеющими форму устанавливаемых на дне потока лотков, с расположенными под ними коробками для собирания наносов.

е) Для улавливания крупных частиц, влекомых по дну, могут применяться специальные сетки.

3. Приборы для взятия образцов грунта дна в естественном напластовании

а) **Щуп проф. Глушкова** состоит из металлического стакана, навинченного на штангу и помещенного в цилиндре, который служит воздушным колоколом. При погружении прибора в воду в вертикальном положении воздух в цилиндре сжимается гидростатическим давлением воды. Высота цилиндра рассчитана так, что даже на глубине 5 м вода дойдет только до низа внутреннего стакана. Когда наружный цилиндр станет на дно, стакан опускается, вытесняя воду, и врезается в дно. Проба получается высотой 10 см и диаметром 5 см. Выталкивается проба из стакана при помощи поршня. На месте взятая проба осматривается, расчленяется на слои, измеряется и описывается.

б) **Щуп инж. Аполлова** применяется для работ на больших глубинах и опускается на трос. Главная часть прибора — режущий стакан высотой 12 см и диаметром 4 см. Внутри его находится поршень на штоке, проходящем через груз в верхнюю трубку. В последней прорезаны две продольных щели, в которых скользит поперечная ручка, продетая через шток.

Верхняя трубка заканчивается направляющим пером, над которым имеется кольцо для одевания пружинного зажима. Трос прикрепляется к кольцу у основания груза и присоединяется к пружинному зажиму со слабиной между ними. При падении щупа поршень находится внизу стакана: грунт, входя в стакан, поднимает свободно поршень, так как вода выходит через отверстия вверху стакана. При подъеме щуп срывается с верхнего кольца и поднимается в перевернутом состоянии, благодаря этому им можно брать легко размываемые грунты: песок и гравий.

в) **Доночерпатель Леже** состоит из двух тяжелых медных чашек, вращающихся на горизонтальной оси, прикрепленной к стержню, который подвешивается на трос. Чашки опускаются открытыми, удерживаясь в этом положении при помощи щеколды, при ударе о дно она откидывается, и чашки закрываются. Недостатки прибора: 1) мелкие фракции пробы вымываются через щели; 2) на грунтах с галькой часто прибор совсем не закрывается; 3) на плотных грунтах прибор при захлопывании отскакивает, не захватывая ничего; 4) прибор перемешивает верхние слои с нижними и не дает стратиграфического представления о строении дна.

г) **Донные драги:**

1) ведрышко Фореля имеет эллиптическую форму и отогнутые края для лучшего забирания грунта;

2) драга, представляющая собой мешок с входным отверстием в виде двух расходящихся металлических пластинок.

Эти приборы не дают стратиграфической характеристики грунтов.

§ 42. Методы определения количества взвешенных наносов

Для определения количества взвешенных наносов применяются два способа: 1) детальный — весовой и 2) суммарный — объемный.

Пользуясь первым способом; берут отдельные пробы для каждой исследуемой точки; при втором — сливают вместе несколько ежедневных проб за декаду или за месяц.

1. Весовой способ

При весовом способе пробы берутся не реже четырех раз в год: весной до паводка, в начале паводка, в конце паводка и осенью после паводка. Вообще же число и время взятия проб устанавливаются для каждой станции в зависимости от количества накопленного материала.

а) **Взятие проб.** Пробы берутся по всему живому сечению или во всех измеренных скоростных точках профиля (у поверхности, на 0,2; 0,6; 0,8 глубины и у дна) или интеграционным способом, т. е. прибор опускается равномерно по вертикали от поверхности до дна. На больших реках с неправильным руслом намечается не меньше пяти вертикалей, на малых — не менее трех, сверх этого берется по одной пробе у каждого берега.

Объем пробы должен быть не менее 500 куб. см. Сливается она в отдельную бутыляку с притертой пробкой. На наклейке записываются номер бутылки и пробы, название реки, поста, время взятия пробы, номер полевой книжки для измерения расходов, номер вертикали и глубина взятия проб.

б) **Лабораторное исследование.** В лаборатории для каждой пробы определяется относительная мутность Δ, т. е. количество частиц, находящихся в воде, в граммах на литр. Для этого вес частиц, заключающихся в пробе, делится на объем воды в пробе

$$\Delta = \frac{M}{v},$$

где M — количество наносов по весу в граммах; v — объем воды в литрах.

Приемы, употребляемые при весовом анализе, сводятся к следующим операциям: взвешиванию, фильтрованию, высушиванию, выпариванию и прокаливанию осадков.

Взвешивание производится на точных аналитических весах. При фильтровании проба процеживается сквозь взвешенную фильтровальную бумагу

без предварительного взбалтывания. Частицы осадка, остающиеся на стенках сосуда, обязательно смываются. По окончании фильтрования фильтр, покрытый бумагой, оставляется в воронке до следующего дня. На другой день фильтр помещают на часовом стекле или открытом стеклянном стаканчике и сушат около часа при температуре 105—110° С в сушильном шкафу. Затем стаканчик переносят в эксикатор (стеклянный стакан, на дне которого помещено высушиваемое вещество). По охлаждении, приблизительно через полчаса осадок вынимают и взвешивают. Повторными операциями нагревания, охлаждения и взвешивания фильтр доводят до постоянного веса.

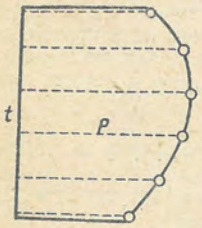


Рис. 100.

Вторым приемом для получения постоянного веса являются прокаливание осадка в тигле и охлаждение не менее полчаса, чтобы тигель принял температуру весовой комнаты. Эти операции — прокаливание и остуживание — повторяют несколько раз, пока вес тигля не станет постоянным или будет меняться в пределах от 0,1 до 0,2 мг.

Эти повторные прокаливание и взвешивание носят название «прокаливание до постоянного веса».

в) **Исчисление расхода наносов.** Пользуясь данными относительной мутности для каждой скоростной точки вертикали, подсчитывается расход наносов в этих точках. Если расход воды через точку, в которой взята проба, обозначить через q м³/сек, а скорость — через v м/сек, то для бесконечно малой площадки $q = v$. Расход наносов P в граммах в секунду через ту же элементарную площадку равняется произведению расхода воды на относительную мутность, которая пересчитывается в граммах на м². Отсюда:

$$P \text{ г/сек} = \Delta \cdot q \cdot 1\,000 \qquad (2)$$

После вычисления расходов мути для всех точек вертикали строят кривую распределения расходов мути на вертикали (рис. 100). По оси ординат откладывают глубины, по оси абсцисс — соответствующие расходы наносов P. Площадь полученной диаграммы выражает элементарный расход мути на вертикали P_t. Разделив данную площадь на глубину вертикали, получают средний расход наносов.

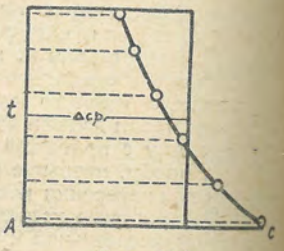


Рис. 101.

Вычисление расхода мути P через любую вертикаль можно вести с несколько меньшей точностью еще следующим приемом (рис. 101). Сначала строят кривую распределения относительной мутности на вертикали, откладывая по оси ординат глубины, по оси абсцисс — Δ. Средняя мутность по вертикали получится делением площади диаграммы на глубину вертикали. Умножая среднюю мутность на элементарный расход этой вертикали, получают расход мути P через данную вертикаль.

Определение расхода наносов через все живое сечение аналитическим методом проводится по следующей схеме. Для каждой точки вертикали мутность подсчитывается в граммах на кубический метр и вписывается в строку: дно; 0,8; 0,6; 0,2 глубины h; поверхность. Средняя мутность на вертикали получается как среднее арифметическое из всех мутностей, т. е. при пятиточечном методе делением на 5, при трехточечном на 3 и т. д., там, где была взята одна проба, она и принимается как средняя для данной вертикали. Мутности между смежными вертикалями подсчитывают как их полусуммы. Только для площадок у обоих берегов, от урезов воды до первой вертикали, мутность принимается равной наблюденной у соответственной вертикали. Расход наносов между смежными вертикалями равняется произведению расхода воды между смежными вертикалями в кубических метрах в секунду на полусумму мутностей смежных вертикалей в граммах.

Для удобства дальнейших подсчетов граммы обращают в килограммы. Суммируя элементарные расходы наносов, получают общий расход для всего основного сечения в килограммах в секунду.

Определение расхода наносов через все живое сечение P_ω аналитическим методом производят согласно нижеследующей таблице.

Расстояние вертикали от уреза (в м)	Глубина точки измерения скорости (в м)	Скорость в метрах в секунду	Средняя скорость на вертикали	Полусумма скоростей смежн. вертикалей	Площадь между смежн. скорост. вертикалями	Расход между смежн. скорост. вертикалями	Мутность в граммах на м³	Средняя мутность на вертикали	Полусумма мутностей смежн. вертикалей	Расход наносов между смежн. вертик. (в кг)
Расход										
	Дно				Урез	...берега	Дно			
	0,8						0,8			
	0,6						0,6			
	0,2						0,2			
	Поверхность						Поверхность			

При графическом методе определения расходов наносов через живое сечение на чертеже, изображающем живое сечение, вверх от линии горизонта воды против соответствующих вертикалей откладываются в масштабе вели-

чины расходов мути на вертикали P_t (рис. 102). Для концевых участков живого сечения элементарный расход мути P_t вычисляется следующим способом. От береговой точки A откладывается вниз величина относительной мутности Δ_A, по линии ближайшей скоростной вертикали вниз от точки n также откладывается величина Δ_n, конечные их точки B и G соединяются прямой линией. Затем находят для фигуры $A_n\,BG$ центр тяжести, через который проводят перпендикуляр EF, выражающий собой среднюю мутность для этой вертикали.

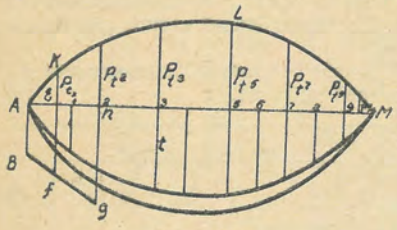


Рис. 102.

Элементарный расход наносов P_{t_x} через вертикаль EF равняется произведению относительной мутности Δ на площадь скоростей этой вертикали

$$P_{t_x} = \Delta . v_{cp} \cdot h \qquad (3)$$

Найденную величину P_{t_x} откладывают вверх от вертикали ef. Также интерполяцией находят элементарный расход концевого участка у другого берега. Через полученные точки расходов наносов проводят плавную кривую. Площадь P_w, ограниченная данной кривой и линией уровня воды, выразит расход наносов через все живое сечение в граммах в секунду.

Пользуясь полученными материалами, можно вычислить расход наносов за сутки или за больший период времени. Принимая с заведомой ошибкой величину секундного расхода постоянной для данных суток, суточный расход P_s высчитывают в тоннах

$$\frac{P_w \cdot 86400}{1\,000\,000} = P_s \text{ т/сутки.}$$

2. Объемный способ

При суммарно-объемном способе учета наносов, пробы берутся ежедневно в одной точке живого сечения на участке с возможно быстрым течением, где обеспечено наилучшее перемешивание всей массы воды. Поэтому предпочтительнее выбирать вогнутые берега или стремнины, но в то же время необходимо избегать мест с водоворотами и обратными течениями. Ввиду того что наносы распределяются неравномерно по живому сечению в вертикальном и горизонтальном направлениях, наиболее правильно брать пробу в точке, где мутность наиболее близка к средней.

По опытам на р. Мургабе точка средней мутности на вертикали лежит на 0,54—0,60 глубины, считая от поверхности. При возрастании мутности она доходит до 0,60, при осветлении повышается до 0,54 глубины. По ширине средняя мутность наблюдается на $^2/_3$ расстояния от берега до стержня реки.

Эти данные служат лишь для ориентировки, на других реках положение точек с мутностью, равной средней по сечению, может быть иное и должно быть установлено несколькими многоточечными наблюдениями.

Для определения сухого остатка объем пробы устанавливается или постоянный не меньше 250 куб. см, или пропорциональный секундному расходу воды. В последнем случае принимается за основу меженний расход, при котором объем пробы должен равняться 250 куб. см. Отсюда определяется коэфициент пропорциональности между объемом пробы и секундным расходом $K = \frac{250}{Q_0}$, где Q_0 — расход воды при меженнем уровне. Объем

пробы при любом расходе Q получается умножением $K \cdot Q$ куб. см. Для работ на водомерном посту, имеющем кривую расходов, по этой формуле составляется заранее таблица объемов проб воды.

Показание рейки	Расход воды Q м³/сек по кривой	Объем пробы q см³ $= K \cdot Q$

Бутылки для сливания суммарных проб заранее калибруются, т. е. вымеряется мензуркой их емкость, для чего на бутыль наклеиваются отвесно с двух сторон две полоски миллиметровочной бумаги шириной 2 см и длиной во всю высоту бутылки.

Взятые пробы сливаются в калибровочную бутылку, на дно которой нужно капнуть 20 капель формалина для предохранения воды от загнивания. Новую бутыль начинают или 1-го числа декады или 1-го числа каждого месяца.

Для учета наносов существует журнал, в который вписываются номера опыта и бутылки, время собирания проб, объем воды, собранной в бутыли.

Образец журнала по учету суммарных проб:

№ опыта	Время собирания пробы воды: Месяц	Числа: От	Числа: До	Вода: Приблизительный объем пробы	Вода: № бутыли	Вода: Высота воды в бутыли в мм: Шкала 1	Вода: Высота воды в бутыли в мм: Шкала 2	Вода: Высота воды в бутыли в мм: Среднее	Вода: Точный объем пробы (в куб. см)	Наносы: № мензурки	Наносы: Объем уплотнившегося осадка (в куб. см)	Наносы: Относительное содержание взвешенных наносов по объему (в%)	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Вода, собранная в бутыли, оставляется для отстаивания до прозрачности приблизительно на две недели, затем ее осторожно сливают с помощью сифона. Оставшийся в бутыли осадок или муть взбалтывают и переливают через воронку в отдельную мензурку с делением через 1 куб. см. Муть, осевшая на стенках бутыли и воронки, споласкивается чистой водой, слитой из этой же бутыли, и выливается в мензурку, которая закупоривается чистой

пробкой и ставится на месяц для отстаивания до окончательного уплотнения осадка. Через месяц производится отсчет объема осадка с точностью до 0,5 куб. см и отсчет стояния воды. После этого из мензурки выливается чистая вода, а осадок весь вытряхивается на кусок чистой пергаментной бумаги, строго следя за тем, чтобы в осадок не попала посторонняя пыль. Обсохший осадок тщательно упаковывается и отсылается в химическую лабораторию с предварительной отметкой на обертке пакетика названия реки и поста, номера опыта по журналу, времени собирания пробы и объема осадка.

Выражая в процентах относительное содержание наносов по объему, имеем

$$x = \frac{s}{q} = 100,$$

где s — объем уплотнившегося осадка; q — объем воды в бутылке.

Пользуясь этим уравнением и зная расход воды, можно вычислить объем пронесенных рекой наносов для периода, соответствующего времени наполнения бутыли.

3. Механический анализ наносов

Механический анализ наносов служит для определения количества частиц различной крупности. Для этого все частицы делятся на группы или фракции с определенным размером зерен.

В СССР принято деление на 4 фракции:

1.	Диаметр	меньше 0,01 мм	(гидравлическая	крупность	0,2 мм/сек)
2.	»	0,01— 0,05 »	»	»	2,0 »
3.	»	0,05— 0,25 »	»	»	21,0 »
4.	»	больше 0,25 »	»	»	больше 21,0 мм/сек.

Более современной является следующая классификация грунтов по крупности (в миллиметрах):

гравий	2—1
песок крупный	1—0,5
» средний	0,5—0,25
» тонкий	0,25—0,1
» очень тонкий	0,1—0,05
пыль	0,05—0,01
» тонкая	0,01—0,005
глина	0,0005—0,0001

Механический анализ мелких частиц удобнее всего вести одним из следующих методов.

а) **Непрерывный способ** анализа состоит в следующем: проба осаждается в перевернутой вверх дном трубке, наполненной водой; нижний конец трубки, оттянутый на конус, равный 8 мм, погружен в ванночку с водой, под ним движется бумажная лента, на которой с помощью хронографа отмечается время через полсекунды.

Все частицы начинают падать одновременно в момент перевертывания трубки, но с различной скоростью. Сначала ложатся на бумажную ленту более крупные частицы, а затем более мелкие. Осаждение прекращается после выпада частиц, имеющих скорость падения 2 мм/сек.

б) **Метод отмучивания** заключается в том, что исследуемая порода тщательно размешивается с водой, после чего ей дают некоторое время отстояться. Затем верхний слой воды сливается при помощи сифона, а в сосуд доливается чистая вода. Операции взмучивания, отстаивания и сливания производятся до тех пор, пока сливаемый слой воды не станет совершенно чистым. Число сливаний зависит от количества илистых частиц в данном образце и колеблется от 6 до 12 и более.

Высота сливаемого слоя h и время отстаивания t назначаются с таким расчетом, чтобы $\frac{h}{t}$, равное K, представляло собой границу двух фракций. Пример: удаляются частицы диаметром меньше 0,01 мм, гидравлической крупностью 0,2 мм/сек, сливаемый слой воды 20 мм, время для отстаивания

$$K = \frac{20}{0{,}2} = 100 \text{ сек.}$$

Величина K называется скоростью отмучивания.

Производя отмучивание по упрощенному методу Сабанина, пользуются следующими приборами: цилиндрический стаканчик с делениями 2 и 3 см от дна для отстаивания и сливания в сита, сифон, фарфоровая чашечка для растирания образца, литровая стеклянная банка.

в) **Способ Робинзона-Одена.** Метод механического анализа, основанный на изучении мутности столба воды, равномерно перемешанной с анализируемой породой, был предложен в 1911 г. в России, в 1922—1924 гг. предложен в Англии и Америке, получив название способа Робинзона и Одена.

Равномерно взмученная вода, отстаиваясь, меняет свой состав и количество взвешенных веществ в каждой рассматриваемой точке. Если равномерно взмутив воду, дать ей отстояться и через некоторый промежуток времени T взять пробу на глубине h, то в ней не окажется частиц гидравлической крупности $\varphi > \frac{h}{T}$, так как за это время все частицы, которые превышают данный предел, успели опуститься на глубину, большую h. Частиц меньшей крупности останется столько же, как в начальный момент, так как их оседание непрерывно пополняется поступлением новых частиц сверху. Крупность частиц в пробе определяется неравенством.

$$0 < \varphi < \frac{h}{T}.$$

На основании этого закона легко производить механический анализ, исследуя пробы, взятые в определенные моменты на разных глубинах.

г) **Результат механического анализа изображается графически:** 1. По оси абсцисс откладывается крупность частиц, по оси ординат — величина фракций, отнесенная к единице длины абсциссы.

2. Суммарная кривая процентного состава породы строится таким образом: по оси абсцисс откладываются крупности в миллиметрах, по оси ординат — сумма процентного содержания фракций. Преобладание мелких фракций дает кривую, обращенную выпуклостью вверх, крупных — выпуклостью вниз.

§ 43. Определение расхода донных наносов

Наносы, влекомые по дну, наименее изучены, хотя они являются важной частью твердого расхода и играют большую роль в формировании речного русла. Для их учета в полевой обстановке и для обработки материалов не существует еще выработанных однотипных методов исследования, простых и точных в одно и то же время.

Наибольшее применение при постановке опытов над донными наносами имела у нас ванночка инж. Аполлова (§ 41). Этот прибор в течение определенного периода учитывает перекатываемые наносы пропорционально времени. Затем устанавливается транзит, и ванночка, находящаяся в воде 20, 30, 60 минут, дает одно и то же количество наносов. Для правильного определения количества перекатываемых наносов берется в одном месте не меньше двух-трех проб.

Уравнение наносов, поступивших в ванночку, имеет следующий вид:

$$P = pt + q, \tag{4}$$

где P — общее количество наносов в ванночке; p — количество наносов, перекатываемых по дну и поступающих в ванночку в 1 секунду; t — время нахождения прибора на дне в секундах; q — общее количество взвешенных наносов, выхваченных из придонного слоя вместе с водой.

При каждом опускании ванночки известны общее выхваченное количество наносов и продолжительность времени наблюдений. Для того чтобы определить неизвестное количество наносов, перекатываемых по дну и взвешенных, достаточно решить для каждой точки измерения два уравнения с двумя неизвестными:

$$P_1 = p \cdot t_1 + q_1$$

$$P_2 = p_2 \cdot t_2 + q_2,$$

откуда

$$P = \frac{p_1 - p_2}{t_1 - t_2}.$$

При установившемся транзите общее количество наносов, находящихся в ванночке, будет постоянно и равно P_1; зная количество наносов p, поступающих в секунду, можно определить время прохождения наносов через всю ванночку

$$T_t = \frac{P_t}{p}. \tag{5}$$

Пользуясь данным уравнением, определяем скорость движения донных наносов

$$v = \frac{L}{T_t}, \tag{6}$$

где v — скорость движения донных наносов; L — длина ванночки; T_t — время установления транзита.

В лабораторную обработку поступают общие весовые количества наносов как перекатываемых, так и взвешенных. Все наносы, попавшие в ванночку, делятся по крупности на три основных фракции:

I. $d < 0{,}05$ мм; II. $d = 0{,}05 - 0{,}50$ мм; III. $d > 0{,}50$ мм.

Исходя из этого, для каждой пробы, взятой ванночкой, может иметь место следующая зависимость:

$$P = (p_1 + p_2 + p_3) \cdot t_1 + (q_1 + q_2 + q_3), \tag{7}$$

где P — общее количество наносов в ванночке; p_1 — количество наносов, перекатываемых по дну 1-й фракции; p_2 — 2-й фракции и т. д.; q_1 — количество наносов 1-й фракции, захваченных во взвешенном состоянии, и т. д.

Отсюда уравнение каждой фракции имеет следующий вид:

$$F = pt + q. \tag{8}$$

В данном случае неизвестными являются p и q. Имея два повторных наблюдения в одной точке, решаем два уравнения и получим значения p и q

$$F_1 = p_1 \cdot t_1 + q_1$$
$$F_2 = p_1 \cdot t_2 + q_1,$$

откуда

$$p_1 = \frac{F_1 - F_2}{t_1 - t_2}. \tag{9}$$

Итак, сравнивая однозначущие фракции двух повторных опытов, находим, что вес перекатываемых наносов данной фракции равняется разности весов одной и той же фракции, деленной на разность времени двух повторных опытов.

Наносы первой фракции как более легкие идут преимущественно во взвешенном состоянии; второй и третьей — передвигаются по дну.

Все обработанные материалы сводятся в следующую таблицу.

Время наблюдений	P граммов в секунду	P_t граммов	T_t сек.	q взвеш. граммов	Относительная мутность прид. слоя г/м³	Толщина слоя на ванночке в мм

Относительная мутность придонного слоя в г/м³ определяется как отношение веса наносов к объему пробы. Толщина слоя наносов в ванночке равна

$$\Delta h = \frac{P_t - q}{\delta \cdot \omega}, \tag{10}$$

где δ — удельный вес наносов; ω — площадь ванночки, равная 2 000 кв. см.

В настоящее время существуют еще разноречивые мнения об отношении между взвешенными наносами и влекомыми по дну. Проф. Глушков установил, что на р. Мургабе по дну передвигается 0,7% взвешенных наносов. Миссисипской комиссией установлено, что у Карральтона по дну перемещается от 0,8 до 1,0% взвешенных наносов.

В то же время Руффнер утверждает, что у г. Шарль р. Миссури в нижнем своем слое несет количество твердых веществ, равное тому, которое она несет в остальных слоях. Жерард убежден, что большая часть твердых тел, переносимых рекой, идет вдоль дна.

Что касается абсолютного количества наносов, переносимого реками через живые сечения, то оно выражается следующими цифрами в миллионах кубических метров за год: Аму-Дарья — 314,2; Сыр-Дарья —31,0, один из рукавов дельты Волги, пост Ново-Александровский—10, ниже Астрахани—1,1 и т. д.

§ 44. Учет растворенных в воде веществ

Учет растворенных в воде веществ производится в лаборатории с помощью химического анализа. Для этого пробы воды берутся мензуркой определенного объема на участке реки, свободном от случайного загрязнения, т. е. вдали от берега и на некоторой глубине.

а) **Взятие проб.** Пробы для получения чистой воды берутся ежедневно объемом в 100 куб. см, фильтруются и переливаются в бутыль, куда налито 6 капель формалина. Каждый новый месяц начинается новая бутыль. По наполнении бутыль тщательно закупоривается, запечатывается сургучем, на привязанном ярлыке пишется номер бутылки, название реки, поста, год, месяц и номер соответствующих фильтров.

Подсушенные фильтры заклеиваются каждый в отдельный пергаментный конверт. Партия фильтров, соответствующая одной бутылке, складывается в общий пергаментный конверт, на котором пишутся название реки, поста, год, месяц и номер бутылки.

Два раза в месяц берутся пробы воды на окисляемость объемом 500 куб. см. Не фильтруясь, вода сливается в бутылку с красным ярлыком, на дно которой налито 100 куб. см дестиллированной воды и 0,5 куб. см серной кислоты. Бутылка закупоривается, запечатывается, и на ярлыке пишутся название реки, поста, год и месяц.

Ежемесячно бутылки с пробами и фильтры отправляются в лабораторию.

б) **Учет растворенных в воде веществ** производится путем выпаривания отфильтрованной воды и определения количества твердого остатка. Для рек, где происходит постоянное перемешивание, достаточно производить анализ одной пробы и результаты распространить на все сечение. При морских гидрологических профилях и в устьях рек для определения растворенных солей необходимо брать несколько проб на различных глубинах и производить их анализ.

Абсолютный максимум содержания растворенных веществ наблюдается при максимальном расходе воды, но этому же периоду будет соответствовать минимум относительного содержания растворенных солей, так как стекающие пресные воды понижают концентрацию солей.

При обработке наблюдений над растворенными веществами применяются два метода:

1. Если пробы берутся систематически через 1—10 дней, то полученное количество растворенных в единице объема веществ умножается на расход воды данного дня, и получаются для целого года материалы по абсолютному содержанию растворенных веществ.

2. Если пробы берутся несколько раз при различных горизонтах, то можно построить кривую зависимости между количеством растворенных веществ и колебаниями горизонта воды. Пользуясь затем этой кривой, можно вычислить для каждого дня относительное содержание растворенных в воде веществ и, умножая его на расход воды, получить расход растворенных веществ.

Литература к гл. XII

1. Аполлов Б. А. и Лукашин М. А. Практическая гидрометрия твердого расхода потоков, 1929.
2. Великанов М. А. Гидрология суши, 1932.
3. Поляков Б. В. Исследование стока взвешенных и донных наносов, 1935.
4. Гончаров В. Н. О взвешивании наносов по дну.
5. Гришин М. Гидротехнические изыскания, 1927.
6. Издания, помещенные в списке литературы к гл. XII—XIV под № 1, 3, 4, 7, 9 и 20.

РАЗДЕЛ IV

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Изучение строения поверхностного покрова и находящихся в нем подземных вод является неотъемлемой частью для всякого водохозяйственного проекта. В зависимости от характера и целевых установок последнего приобретают особое значение те или другие стороны геологических и почвенно-грунтовых исследований. Так для целей мелиорации (осушения, орошения) важнейшую роль играют почвенные исследования и исследования гидрогеологические, для целей водоснабжения — преимущественно гидрогеологические исследования; для целей использования водной энергии, каковое связано с особо ответственными гидротехническими сооружениями, приобретают особую важность исследования строительных свойств грунтов и вообще инженерно-геологические изыскания.

Методы этих исследований и состав их излагаются ниже применительно к различным стадиям проектирования. Основные сведения по геологии считаются при этом известными, по гидрогеологии даются краткие вводные понятия, как дополнение к главе о движении грунтовых вод, помещенной в I томе «Справочника».

А. Основные сведения о подземных водах

ГЛАВА I

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

§ 1. Происхождение и состояние воды в почвах и грунтах

1. **Происхождение подземных вод** в настоящее время рассматривается как следствие целого ряда факторов:

1) конденсация паров воды, поднимающихся из глубоких недр земли, дающая начало «ювенильным» водам* (термальные минеральные источники горных областей);

2) инфильтрация дождевых, снеговых, проточных и стоячих вод;

3) конденсация паров воды в верхней зоне поверхностного покрова земли, находящейся выше зоны с постоянной, неизменяющейся температурой;

* E. Suess. Das Antlitz der Erde.

4) конденсация паров воды, передвигающихся из одних горизонтов земли в другие, в зависимости от условий изменения термического градиента. Передвижение паров воды из одного горизонта поверхностной земной оболочки в другой совершается под влиянием имеющейся разности упругости пара в этих горизонтах, зависящей помимо термических условий от ряда других факторов (имеющаяся влажность, концентрация солевых растворов, физико-химические процессы в горных породах и пр.). Выяснение и уточнение роли отдельных факторов в этом процессе составляют задачу исследований в этой области.

2. **Состояние воды в почвах и грунтах.** А. Ф. Лебедев* («Почвенные и грунтовые воды») делит подземные воды на следующие категории:

1) Вода в форме пара, передвигающаяся как газ из мест большей упругости в места меньшей упругости.

2) Гигроскопическая вода — адсорбированная частицами грунта из парообразной воды. Процесс адсорбции совершается до того момента, пока влажность грунта не достигнет состояния, соответствующего его «максимальной гигроскопичности». Последнее понятие трактуется им по теории Родевальда** и соответствует тому состоянию влажности грунта, когда каждая частица его окружена пленкой, состоящей из одного ряда молекул. Процент влажности (отнесенный к весу сухого грунта), соответствующий «максимальной гигроскопичности», имеет следующий примерный порядок цифр: лёсс — 7—8%, чернозем—5—8%, подзол—3—5%, песок—0,2—0,5%.

Передвижение гигроскопической воды возможно только в парообразном состоянии.

3) Пленочная вода — вода в жидком состоянии, удерживаемая около частиц грунта силами молекулярного притяжения. Влажность грунта, соответствующая максимальной толщине пленки, называется его максимальной молекулярной влагоемкостью. Процент влажности, соответствующий указанному состоянию, выражается в цифрах примерно следующего порядка:

1. Грубый песок с размером частиц	1,0	—0,5	мм	—	1,57 %
2. Средний » »	0,5	—0,25	»	—	1,60 »
3. Мелкий » »	0,25	—0,10	»	—	2,73 »
4. Очень мелкий » »	0,10	—0,05	»	—	4,75 »
5. Сильт (Silt) » »	0,05	—0,005	»	—	10,18 »
6. Глина »	< 0,005		»	—	44,85 »

Передвижение воды происходит медленно с усреднением толщины пленки, обволакивающей частицы грунта.

4) Гравитационная вода, передвигающаяся в грунте под влиянием силы тяжести. А. Ф. Лебедев различает следующие категории гравитационной воды:

а) капиллярная вода, заполняющая капилляры в грунте и поднимающаяся выше уровня грунтовой воды;

б) подвешенная вода, заполняющая также капилляры в грунте, но не имеющая сообщения с грунтовой водой;

в) гравитационная вода, находящаяся в состоянии падения.

Примечание. Повидимому капиллярная вода, как сообщающаяся с грунтовой водой, так и не сообщающаяся (подвешенная), должна быть выделена в самостоятельный вид, соответствующий особому состоянию воды, ибо передвижение ее обусловливается также силами молекулярными, а не только силами тяжести. Гравитационной же водой следует считать ту воду, которая в своем движении и в своем положении подчиняется главным образом силам тяжести.

* Лебедев, loc. cit., 1930 г., стр. 99.

** H. Rodewald „Theorie der Hydroskopicitat". Landwirtsch. Jahrbücher XXXI, 1902. H. 5/6.

5) вода в твердом состоянии,

6) кристаллизационная вода и

7) химически связанная вода.

3. Переходы воды из одного состояния в другое и передвижения ее. Если представить себе процесс инфильтрации дождевых вод, то можно получить следующую картину в случае выпадения их на пересушенный слой почвы:

1) вода расходуется на: а) гигроскопическое насыщение, б) на пленочное обволакивание;

2) по достижении максимальной толщины пленки вода заполняет капилляры, причем в каждый отдельно взятый момент капиллярному состоянию предшествует пленочное, а пленочному гигроскопическое;

3) по заполнении капилляров вода, если она продолжает поступать, будет в верхнем слое в состоянии гравитационном, ниже его — в состоянии капиллярном, еще ниже — в состоянии пленочном. Если подток воды вовсе прекратится, верхний слой израсходует свою воду на увеличение зон капиллярной и пленочной воды, при этом верхняя зона может оказаться с капиллярной водой в состоянии «подвешенном».

При распространении воды вверх от свободного зеркала грунтовых вод (гравитационной воды) выше будет находиться зона капиллярных вод, на ней зона пленочных вод.

Объем воды, содержащейся в порах грунта и находящейся в состоянии гравитационном, не может определяться полной величиной порозности грунта. Значительная часть объема пор идет на заполнение пленочной и капиллярной водой, и чем мелкозернистее грунт, тем меньше в его порах остается места для гравитационной воды, а отсюда следствия:

1) большая влагоемкость глинистых и мелкозернистых грунтов при ничтожной отдаче воды, ибо стекать из пор грунта может только гравитационная вода;

2) при повышении уровня грунтовых вод после выпада атмосферных осадков, величина подъема уровня находится иногда в резком несоответствии с толщиной слоя выпавших осадков;

3) повышение уровня грунтовых вод на орошаемых площадях, находящееся в кажущемся несоответствии с количеством оросительных вод.

Указанные явления следует иметь в виду при изучении режима колебания уровня грунтовых вод в связи с вопросами орошения и осушения площадей.

Законами инфильтрации и движения гравитационных вод определяются питание и передвижение вод как находящихся на первом водонепроницаемом слое, так и находящихся в водопроницаемом слое, перекрытом и подстилаемом слоями водонепроницаемыми.

§ 2. Классификация подземных вод

Существует ряд различных классификаций в зависимости от тех признаков, которые полагаются в основу классификации.

1. Генетическая классификация

В. И. Вернадский дает классификацию на основе химического состава, разделяя все воды на шесть основных классов по газовым компонентам (кислородные, углекислые, азотные, метановые, сероводородные, водородные); в каждом классе различаются группы (воды пресные, соленые и рассолы). Наконец, каждая группа имеет свои

морфологические признаки (см. «Живая природа», изд. Академии Наук СССР, 1929, № 9).

Б. Л. Личков предлагает классифицировать воды на основании генетических признаков тех свойств, которые являются характерными для воды. На этом основании он разделяет все подземные воды на следующие три группы:

1) воды вадозовые;
2) воды фреатические и
3) воды ювенильные.

Вадозовые воды относятся к поясу выветривания (поверхностная оболочка земли); воды фреатические — к поясу метаморфическому (переходный к магматическому) и, наконец, воды ювенильные—к поясу магматическому*. В каждой из трех групп он в свою очередь различает внешние морфологические признаки и основные компоненты химического состава: 1) давление; 2) минеральный состав; 3) газовые компоненты; 4) район распространения выходов; 5) условия питания и 6) соотношение между областями питания и пределами распространения.

А. А. Козырев и А. М. Жирмунский** дают несколько иную генетическую классификацию:

Подземные воды	Вадозовые	Инфильтрационные	
	Ювенильные	Конденсационные	Метеорные и вулканические
		Инфлюационные	
		Магматические	Первичные и вторичные
		Дегидратизационные	
		Синтетические	
		Конденсационные	
	Ископаемые	Континентальные	
		Морские	
	Смешанные		

2. Классификация по гидрологическим и стратиграфическим признакам

А. А. Козырев и А. М. Жирмунский предлагают классифицировать подземные воды еще и по гидрологическим и стратиграфическим признакам, а именно:

Классификация подземных вод по гидрологическим и стратиграфическим признакам

Подземные воды	Свободные воды	Свободные верхние		Водоносный горизонт геологически охарактеризован	Водоносный горизонт охарактеризован химически, физически и гипсометрически
		Свободные нижние	Пластовые воды		
			Подземные водотоки		
	Напорные воды	Субартезианские	Пластовые воды		
			Подземные водотоки		
		Артезианские	Пластовые воды		
			Подземные водотоки		

* Фреатические воды — воды поверхностной зоны (колодезные). Воды ювенильные должны принадлежать к поясу метаморфическому, так как, поднимаясь в парообразном виде от пояса магматического, могут конденсироваться в поясе метаморфическом.

** Доклад на II гидрологическом съезде, 1928.

3. Практическая классификация

Наряду со сложными классификациями подземных вод * существуют другие, более простые, практического характера, различающие: 1) воды грунтовые, залегающие на первом от поверхности водонепроницаемом слое, и 2) воды напорные, перекрытые сверху водонепроницаемым слоем. В первой группе выделяют воды почвенные, во второй — артезианские (самоизливающиеся) и субартезианские (обладающие напором, но не самоизливающиеся). В той и другой группе воды делят по степени минерализации на пресные и соленые.

а) **Грунтовые воды.** Под понятием «грунтовых» вод следует понимать все воды, залегающие в толщах поверхностных наносов (аллювиальные и делювиальные отложения, ледниковые и эоловые образования), а также воды тех коренных пород, которые залегают выше уровня местной базы эрозии, т. е. отдельными массивами, пересеченными местной сетью речек и оврагов. Выделение этих вод в особую группу важно по генетическому признаку, по признаку их местного питания и по ограниченности и непостоянству их пространственного распределения. Эти признаки указывают на непостоянство их дебета и на пестроту минерального состава. Наличие или отсутствие в них напора не меняет основных признаков их характера. «Грунтовые» воды, доходящие до почвенного покрова, называются «почвенными» водами.

б) **Артезианские воды.** Под понятием артезианских вод следует разуметь воды коренных пород, перекрытых водонепроницаемыми напластованиями и залегающих ниже уровня местной базы эрозии, т. е., когда они залегают ниже массивов, дренируемых с разных сторон местной речной и овражной сетью. Подобные условия залегания вод указывают на постоянство их дебета, постоянство их качества и безусловное превосходство в санитарном отношении сравнительно с водами грунтовыми. Признаком постоянства дебета этих вод является также и постоянство величины гидростатического напора, под которым они находятся.

ГЛАВА II

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ИЗ ТЕОРИИ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

§ 3. Зависимость между скоростью потока и его уклоном при движении жидкости по тонким трубкам и в зернистой среде

Формула Прони. В 1804 г. Прони (Prony), изучая движение жидкости через очень тонкие трубки и основываясь на опытах Купле (Couplet), Боссю (Bossut) и Дюбуа (Dubuat), дал формулу

$$dI = av + bv^2, \tag{1}$$

где dI — гидравлический уклон; v — скорость движения жидкости; a и b — коэфициенты, зависящие от диаметра трубки, температуры и физических свойств жидкости.

При очень малых скоростях второй член формулы — bv^2 может быть отброшен, и тогда формула Прони получает вид:

$$dI = av, \tag{2}$$

выражая ламинарное движение.

* См. также классификацию В. С. Ильина «Грунтовые воды». Энцикл.

Формула Пуазейля. В 1843 г. Пуазейль (Poiseille)*, изучая движение жидкости по волосным трубкам, дает формулу:

$$V=\frac{\gamma \cdot D^2}{32\mu} I, \tag{3}$$

где D — диаметр трубки; γ — удельный вес жидкости; I — пьезометрический уклон и μ — коэфициент вязкости жидкости, зависящий от температуры и плотности жидкости

$$\mu=\frac{0{,}0178\,\rho}{1+0{,}0337T+0{,}000221T^2} \tag{4}$$

при

$$T=0^0;\quad \mu=0{,}0178\,\rho$$

постоянное для данной жидкости с плотностью ρ и потому

$$\mu=\mu_0\tau, \tag{5}$$

где τ —поправка на температуру. Величина τ при разных значениях T имеет следующую величину:

T	τ	T	τ	T	τ
0°	1,0000	15°	0,6431	35°	0,4032
1°	0,9672	20°	0,5675	40°	0,3703
5°	0,8519	25°	0,5050	45°	0,3375
10°	0,7359	30°	0,4526	50°	0,3090

Установленная работами Прони и Пуазейля линейная зависимость между уклоном потока и его скоростью при движении жидкости по тонким трубкам была позднее доказана также и для движения воды через песчаную среду при практических работах Darcy при устройстве Парижского водопровода.

Формула Дарси (закон Дарси). В 1856 г. Дарси (см. Les fontaines publiques de la ville de Dijon, par H. Darcy, 1856), изучая опытным путем фильтрацию в песках, установил линейную зависимость скорости фильтрации от гидравлического уклона, указывая тем на возможность параллелизации закона движения воды в песках закону движения жидкости в каналах малых отверстий по формуле Прони (Prony) для малых скоростей. Свои выводы Дарси выразил формулой

$$V=K\,\frac{p}{s} \quad \text{или} \quad V=K.\,I, \tag{6}$$

где V — скорость движения; K — постоянная величина, зависящая от характера среды; p — разность давлений в начале и в конце пути фильтрации; S — длина пути фильтрации.

Подтвержденная Дарси в водопроводной практике линейная зависимость между скоростью потока и его уклоном принята большинством исследователей в применении к песчаной и вообще мелкозернистой среде и при незначительных уклонах потока. Для крупнозернистой среды и в условиях больших уклонов потока закон Дарси не соблюдается **.

* Poiseille. Experimentelle Untersuchungen über die Bewegung der Flussigkeit in Röhren von sehr kleinen Durchmessern (Poggend. Ann, LVIII, 1843).

** См. т. I, Справочник.

Формула Кребера. В 1884 г. Кребер (Kröber) дал эмпирическую формулу для скорости движения грунтовых вод:

$$V=173\left(\frac{d}{90}I\right)^{\frac{0{,}8+d}{0{,}8+2d}} \text{ см/сек}, \tag{7}$$

где d — средний диаметр зерна (в см); I — уклон потока.

Опытные работы Кресника (Kresnik), Пифке (Piefke), Кинга (King) и других исследователей подтвердили также нарушение закона Дарси при больших скоростях потока и в мелкозернистой среде.

Формула Смрекера. Резким противником закона Darcy выступил Смрекер (O. Smrecker) в 1878 г. и в 1914 и 1921 гг. Им предложена следующая формула закона движения грунтовых вод:

$$I=aV^2+bV^{\frac{2}{3}}, \tag{8}$$

где I — уклон; V — скорость; a и b — численные коэфициенты, зависящие от характера среды. В сокращенном виде формула имеет выражение:

$$I=m\cdot V^{\frac{2}{3}}, \tag{9}$$

где m — численный коэфициент. Показатель степени $\frac{2}{3}$ совершенно отрицает закон Дарси.

Предложенная Смрекером формула не встретила поддержки у ряда исследователей, оставшихся на стороне закона Дарси, хотя другие склонны придавать ей более общее значение *.

Формула Форхгеймера. Форхгеймер (P. Forchheimer) дает для крупного гравия и щебня формулу вида:

$$I=aV^n, \tag{10}$$

где a и n имеют численные значения в зависимости от характера среды. Для мелкозернистых грунтов и при незначительной величине V. $n=1$, т. е. подтверждается закон Дарси. С. Избаш при лабораторных исследованиях фильтрации воды через проницаемую среду установил применимость закона Darcy для песчаной среды с диаметром зерен до 6 мм при уклонах потока от 0,1 до 1,0. При увеличении крупности зерна до 10 мм показатель степени скорости фильтрации изменяется от 1,00 до 1,8; при дальнейшем же увеличении крупности зерна возрастание степени происходит медленно.

Так как в обычной практике при расчете фильтрации в песчаной среде мы имеем дело с малыми уклонами и с диаметром зерен менее 6 мм, то для простоты расчетов принимают зависимость между уклоном и скоростью потока линейной, т. е. по закону Darcy. Для галечниковых и гравелистых отложений, не загрязненных большой примесью глины и мелкого песка, целесообразнее применять формулы Смрекера.

* См. С. В. Избаш „О фильтрации в крупнозернистом материале". Изд. Научно-исследовательского ин-та гидротехники. Том I, Ленинград, 1931.

§ 4. Законы притекания воды к открытым водоемам

Движение ненапорных вод по горизонтальному водоупору

1. Движение воды к дрене или водоему и к совершенному колодцу *

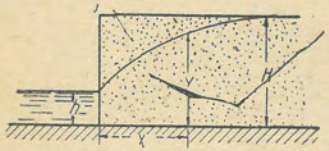
а) **Формула Дюпюи.** В 1863 г. Дюпюи (Dupuit Etudes theoretiques et pratiques sur les mouvements des eaux, 1863), основываясь на законе **Дарси,** дал аналитическое выражение закона движения грунтовых вод к открытым водоемам (рис. 1):

$$Q = \frac{K \cdot \varphi}{2x} (y^2 - h^2) \qquad (11)$$

и к колодцам

$$Q = \frac{\pi \varphi K (y^2 - h^2)}{ln \frac{x}{r}}. \qquad (12)$$

Здесь Q—расход потока в единицу времени; K—коэфициент фильтрации; h—глубина воды в колодце или в водоеме; φ—порозность среды водоносного горизонта; y — высота уровня воды в водоносном горизонте над водонепроницаемым слоем в сечении, отстоящем от водоема или от центра колодца на расстоянии x.



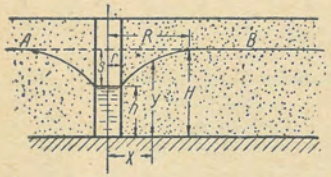


Рис. 1. Схема притекания воды к открытым водоемам.

В практическом применении последняя формула Dupuit имеет вид:

$$Q = 1{,}36 \frac{y^2 - h^2}{lg \frac{x}{r}} K \cdot \varphi.$$

В своих рассуждениях Dupuit исходил из следующих основных положений: 1) грунт совершенно однороден, 2) направление скоростей одностороннее, 3) скорость движения потока во всех точках любой вертикали одинакова и равна:

$$V_y = K \frac{dy}{dx},$$

4) водоносный горизонт залегает на горизонтальном водонепроницаемом ложе и за пределами дренирующего действия дрены уровень воды представляет горизонтальную свободную поверхность, 5) расход воды в потоке во всех сечениях, нормальных к направлению движения, одинаков. При введении в уравнение Dupuit бытовой мощности водоносного слоя H и величины расстояния, на которое распространяется дренирующее действие канавы L, формула принимает вид:

* Колодцы, уровень дна которых находится на уровне водонепроницаемого слоя и стенки которых проницаемы для воды, называются „совершенными" колодцами. Колодцы, не доведенные до водонепроницаемого слоя, называются „несовершенными".

$$H^2 - h^2 = \frac{2Q}{\varphi K} L \qquad (13)$$

или

$$Q = \frac{(H^2 - h^2) \varphi \cdot K}{2L}. \qquad (14)$$

Последнее уравнение является формулой расхода дренажной канавы, заложенной в водоносном горизонте на уровне водонепроницаемого слоя. Водонепроницаемый слой залегает при этом горизонтально.

б) **Формула Тима.** В 1870 г. Тим (A. Thiem — Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung — статья Die Ergiebigkeit artesiane Bohrlöcher, Schactbrunnen und Filtergallerien) дал аналогичное Дюпюи аналитическое выражение закона движения грунтовых вод для колодцев:

$$y^2 - h^2 = \frac{Q}{\varphi \pi \cdot K} ln \frac{x}{r_0}.$$

При введении величин H и R (R — расстояние от оси колодца до границы ненарушенного уровня воды или «радиус влияния»), формула принимает вид:

$$H^2 - h^2 = \frac{q}{\varphi \pi \cdot K} ln \frac{R}{r_0}$$

или

$$Q = \frac{(H^2 - h^2) \pi K \varphi}{ln \frac{R}{r_0}} = \frac{1{,}36\, K \varphi (H^2 - h^2)}{lg \frac{R}{r_0}}.$$

Здесь Q — расход потока через единицу площади поперечного сечения.

в) **Формула Шульце.** В основных положениях Дюпюи и Тима допущено ошибочное представление о равенстве скоростей во всех точках вертикали и об одностороннем направлении скоростей движения частиц воды. В действительности движение частиц воды совершается помимо горизонтального направления также и в вертикальном. Результирующие этих скоростей в отдельных точках вертикали будут различны.

Поэтому **Шульце** (I. Schultze) дал дальнейшее развитие теории Дюпюи (Die Grundwasserabsenkung in Theorie und Praxis, 1924).

Указывая на неустойчивость величины радиуса влияния колодца, Шульце связывает с ним колебания кривой депрессии потока, давая этим объяснение колебанию величины дебита колодца, относимому им за счет стока воды из того пространства, которое заключено между двумя соседними депрессионными поверхностями потока (при изменении величины радиуса влияния колодца или дрены). В конечном итоге им дается формула:

$$Q = \pi \cdot K \varphi \frac{H^2 - h^2}{ln \frac{R}{r_0} - \frac{1}{3}}. \qquad (15)$$

Наряду с отмеченным недостатком формул Дюпюи и Тима, они имеют существенный недостаток еще и тот, что формулы их дают зависимость между тремя неизвестными. Так как для данного водоносного горизонта могут

быть известными только величины H и h и K и для данного колодца величина его r_0, то величина расхода Q определяется величинами X, Y, R (или L). Последняя величина является функцией Q и длительности времени работы колодца или дрены и может быть определена, как и h, только эмпирическим путем, изменяясь одновременно с изменением величины расхода Q.

Получая экспериментальным путем для разных величин Q соответствующие значения h, можно построить кривую зависимости Q от h.

д) **Формула Козени.** В 1927 г. проф. Козени (I. Kozeny см. Wasserkraft und Wasserwirtschaft, № 5—10, 1927 г.) дал сложную формулу дебита колодца:

$$Q = 2\pi \cdot K\xi \cdot H \cdot R\, F(\xi) \cdot C, \tag{16}$$

где величина C — некоторая постоянная для данного колодца, а величина

$$F(\xi) = \frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi}{2} - 2\sum_{1}^{\infty}\frac{\sin n\pi\cdot\xi}{(2n-1)\cdot(2n+1)}.$$

$\xi = 1 - \frac{h}{H}$. Значение $F(\xi)$ при различных значениях величины (ξ) дается им в таблице:

ξ=0	0,083	0,167	0,250	0,333	0,500	0,750	1,000
$F\xi$=0	0,104	0,164	0,203	0,224	0,237	0,168	0,0

Определив одно из значений Q, например Q_1, получаем:

$$Q = Q_1\frac{F(\xi)\cdot\xi}{F(\xi_1)\cdot\xi_1}, \tag{17}$$

что дает возможность по данным одной откачки и по полученной для нее величине (ξ) и $F(\xi)$ построить кривую зависимости Q от h.

Формула проф. **Козени** показывает, что наибольшее значение Q получается при h, равном $0{,}5H$, при дальнейшем же понижении уровня воды в колодце расход не увеличивается, а убывает и при h, равном H, Q равно 0, тогда как по уравнению Thiem'a при h, равном 0, $Q = \pi K\frac{H^2}{\ln\frac{R}{r_0}}$.

На опыте проф. Козени было отмечено, что уровень воды в грунте у стенки колодца не может быть понижен более, чем $0{,}42H$, вместе с тем при понижении уровня воды в колодце дальнейшее уменьшение величины расхода Q не соответствовало вычисленной по его формуле; в пределах же величины $h \geqslant 0{,}42H$ наблюденные расходы дают лучшее совпадение с теоретическими, нежели то дают формулы Dupuit и Thiem'a.

е) **Поправка Эренбергера**

В 1928 г. Р. Эренбергер («Zeitschrift des Oest. Ingenieur. und Architekten Vereines, 1928 г., H9—14, Versuche über die Ergiebigkeit von Brunnen) в результате опытной проверки, предложенной проф. Козени,

дал эмпирическую зависимость разности уровней воды у стенки колодца и в колодце $(h_1 - h = \Delta h)$ от h и H вида:

$$\frac{\Delta h}{H} = 0{,}5\left(1 - \frac{h}{H}\right)^2. \tag{18}$$

В связи с этим Р. Эренбергер внес поправку в формулу Козени:

$$Q = \left(5{,}08 - 4{,}08\,\frac{h}{H}\right) C\cdot K\, Hr_0\, F(\xi). \tag{19}$$

Нарушение закона Дарси имеет место в части грунтового потока, примыкающего к колодцу, т. е. на участке наибольшей депрессии. При удалении от колодца, где поток имеет незначительный уклон, закон Дарси сохраняет свою силу, поэтому практически простые формулы Дюпюи и Тима без особых погрешностей вполне могут применяться для зоны, удаленной от колодца, находящейся в сфере пологой депрессии уровня вод.

2. Формулы Краснопольского и Шульце для движения ненапорных вод к колодцу при наклонном положении подстилающего слоя

А. Краснопольский (Грунтовые и артезианские колодцы 1912 г., стр. 121) дал следующее выражение поверхности депрессии при «совершенном» колодце:

$$(z - \alpha x)^2 = H^2 - \frac{Q}{\pi\cdot\varphi\cdot K}\ln\frac{R}{\sqrt{x^2+y^2}}. \tag{20}$$

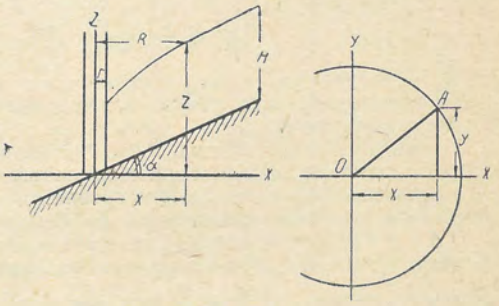


Рис. 2.

Здесь x направлено по падению пласта; y—по простиранию его и z — по вертикали (высота уровня воды над подстилающим слоем); H — мощность водоносного слоя по вертикали; φ — порозность грунта; K — коэфициент фильтрации; R— радиус влияния колодца; α— уклон подстилающего слоя.

Шульце (I. Schultze) для того же случая дает следующее выражение для депрессионной кривой, лежащей в любом вертикальном сечении потока, проходящем через ось колодца:

$$y^2 - y_0^2 = \frac{d}{\pi\cdot K}(\ln r - \ln r_0) + 2H\alpha(r - r_0)\cos\varphi^*, \tag{21}$$

где r — радиус-вектор для основания вертикали y, лежащий в плоскости подстилающего слоя, причем ось колодца проходит через начало координат; φ —угол, составляемый радиус-вектором с линией падения подстилающего слоя (ось x—ов); K — коэфициент фильтрации; H — мощность водоносного слоя по вертикали; α — уклон подстилающего слоя; r_0 — радиус колодца; y_0 — высота уровня воды у наружной стенки колодца. Формула пока не имеет за собой достаточной опытной проверки.

* И. Кусакин. Искусственное понижение уровня грунтовых вод. 1930, стр. 76.

3. Формулы для несовершенного колодца

а) **Формула Форхгеймера.** (рис. 3). Для «несовершенных колодцев» при горизонтальном уровне грунтовых вод и при горизонтальном подстилающем слое, при большой мощности водоносного слоя (H), проф. Ф. Форхгеймер дает следующее экспериментально найденное выражение:

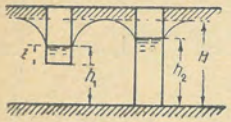


Рис. 3.

$$\frac{H^2-h_1^2}{H^2-h_2^2}=\sqrt[4]{\frac{h_1}{2h_1-t}}\cdot\sqrt{\frac{h_1}{t}}.$$

В этой формуле H обозначает мощность водоносного слоя, h_1—высоту уровня воды в несовершенном колодце над водонепроницаемым слоем; h_2—то же в совершенном колодце; t—глубина воды в несовершенном колодце.

Если несовершенный колодец имеет водопроницаемое дно, то приведенная формула получает вид:

$$\frac{H^2-h_1^2}{H^2-h_2^2}=\sqrt[4]{\frac{h_1}{2h_1-t}}\sqrt{\frac{h_1}{t+0{,}5r_0}};$$

Здесь r_0 — радиус колодца. Отсюда легко получается формула расхода несовершенного колодца:

$$Q=Q_c\sqrt[4]{\frac{2h_1-t}{h_1}}\sqrt{\frac{t+0{,}5r}{h_1}},$$

где Q_c — расход такого же колодца, доведенного до подстилающего слоя т. е. совершенного) при том же в нем уровне воды от поверхности и при тех же величинах r_0.

По мнению Люгера, Эстера, Тима, Принца и др. при достаточной глубине колодца можно без значительной погрешности считать положение подстилающего водоносный горизонт слоя на уровне подошвы колодца и расчет расхода «неполного колодца» производить по формулам для «полного» колодца.

Паркер рекомендует при определении расхода несовершенного колодца применять обычную формулу Дюпюи, но мощность водоносного горизонта считать равной $\frac{4}{3}$ глубины погружения колодца в водоносный горизонт.

4. Формулы для определения радиуса влияния колодца

а) **Формула Шульце:**

$$R=60\sqrt{\frac{6H\cdot K\cdot T}{p}}, \qquad (23)$$

где R — в метрах, H — глубина (мощность) водоносного слоя в метрах, T — длительность откачки в часах, K — коэфициент фильтрации в м/сек; и p — порозность среды водоносного слоя.

б) **Формула И. Кусакина.** На основании подсчетов, сделанных по многочисленным данным установок для понижения уровня грунтовых вод, Кусакин дает формулу для приближенного определения R:

$$R=575\cdot S\cdot\sqrt{H\cdot K}, \qquad (24)$$

где S — глубина понижения уровня воды в колодце в метрах; H — мощность водоносного слоя в метрах; K — коэфициент фильтрации водоносного слоя в м/сек. Расчет произведен для длительности откачки в 7,5 часа и для порозности среды водоносного слоя $p=30\%$.

При отсутствии опытных данных и для предварительных расчетов величину R принимают равной: для мелкозернистых грунтов от 100 до 200 м, для среднезернистых аллювиальных песков от 200 до 400 и для крупнозернистых до 600 м.

5. Формулы для артезианских колодцев (напорные воды)

Для напорных вод, когда водоносный горизонт перекрыт сверху водонепроницаемым слоем, **Тим** дал аналитическое выражение закона изменения депрессионной кривой, получающегося при откачке воды из колодца:

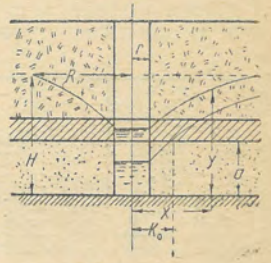


Рис. 4.

$$Y=h+\frac{q}{2\pi\cdot a\cdot k}\ln\frac{x}{r_0} \qquad (25)$$

и

$$Q=S_0\cdot\frac{2\pi\cdot a\cdot k}{\ln\frac{R}{r_0}}; \qquad (26)$$

В том случае, когда депрессионная кривая пересекает кровлю водоносного горизонта (рис. 4), то ордината y в точке пересечения равна a. Полагая в этой точке $x=K_0$, получим:

$$a^2=h\cdot a+\frac{q}{2\cdot\pi\cdot k}\ln\frac{K_0}{r_0},$$

или

$$(h-a)\,a=\frac{q}{2\pi\cdot k}\ln\frac{K_0}{r_0}, \qquad (27)$$

где r_0 — радиус колодца.

В том случае, когда артезианский колодец не доходит до подстилающего слоя, формула расхода воды имеет вид:

$$Q=2\cdot\pi\cdot k\cdot S\cdot\left(\frac{b-r}{\ln\frac{R}{r}}+1{,}22\,r\right), \qquad (28)$$

где b — глубина, на которую колодец погружен в водоносный слой; r — радиус колодца; S — величина понижения напора при откачке; k — коэфициент фильтрации и R — «радиус влияния» колодца.

Если вода артезианского горизонта находится в движении, причем падение напора на единицу длины или, иначе, уклон пьезометрического уровня равен α, то уравнение депрессионной воронки у колодца имеет вид:

$$Z-\alpha x=\frac{Q}{2\pi\cdot k\cdot a}\ln\frac{\sqrt{x^2+y^2}}{R}. \qquad (29)$$

Здесь координаты точки поверхностного уровня откладываются: x— по линии падения напора, y — нормально в гориз. плоскости и z — высота; k — коэфициент фильтрации; a — мощность водоносного слоя.

6. Абсорбирующие (поглощающие) водосборы при свободном и горизонтальном уровне поверхности грунтовых вод

Формула производительности поглощающего колодца в ненапорном водоносном слое:

$$Q = \frac{\pi \cdot k\,(h^2 - H^2)}{\ln \frac{R}{r}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot k}{\ln \frac{R}{r}} \cdot h_m S, \qquad (30)$$

где $h_m = \frac{h + H}{2}$ среднему уровню высоты нагнетания над водонепроницаемой постелью водоносного слоя; S — высота нагнетания над имеющимся уровнем грунтовых вод.

Поглощательную способность колодцев независимо от того, доведены они до водоносного горизонта или не доведены, необходимо определить практически, путем наливания в него воды до определенного уровня и наблюдения за расходом поглощаемой воды при этом уровне. Наблюдения производятся не менее двух круглых суток при постоянном добавлении воды и поддержании неизменного уровня. По данным этих наблюдений составляется кривая поглощения: по оси ординат откладывается расход (в секундолитрах), по оси абсцисс — время наблюдения в часах, начиная от начального момента. За поглощательную способность считается расход, который будет соответствовать тому участку кривой, где она становится параллельной оси абсцисс.

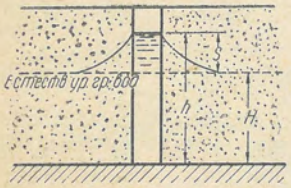


Рис. 5. Абсорбирующие колодцы.

Подобные же опыты производятся и при других уровнях воды с составлением таких же кривых и с определением по ним поглощательной способности колодца при соответствующем уровне. По полученным таким путем данным составляется кривая зависимости поглощательной способности колодца от высоты уровня в нем поглощаемой воды.

Поглощательная способность колодца должна определяться при устройстве вертикального дренажа.

Поглощение воды из открытого водоема учитывается формулой:

$$Q = K \frac{h_m \cdot S}{L}, \qquad (31)$$

где h_m и S имеют те же значения, что и выше.

7. Расход водосборов в трещиноватых породах (по А. Краснопольскому)

Для этого случая можно пользоваться следующими формулами:

а) Канавы

$$Q = K \cdot H \cdot \sqrt{\frac{H - h}{L}}$$

б) Грунтовый колодец

$$Q = 2\pi \cdot k \cdot H \sqrt{\frac{S}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}} = 2\pi k \cdot H \sqrt{\frac{R \cdot r \cdot S}{R - r}} \qquad (32)$$

в) Артезианский колодец

$$Q = 2\pi \cdot k \cdot a \sqrt{\frac{S}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}} = 2\pi \cdot ka \sqrt{\frac{RrS}{R - r}}. \qquad (33)$$

Здесь Q — расход воды; H — положение непонижженного уровня воды над постелью водоносного трещиноватого слоя; $H - h = S$ понижение уровня воды; a — мощность артезианского слоя; L — предельное влияние водоема на понижение уровня воды; R — радиус сферы влияния колодца; r — радиус колодца; k — коэфициент фильтрации, причем для данной трещиноватой среды:

$$k = \sqrt{\frac{b \cdot g}{\alpha}} = \sqrt{\alpha \cdot b},$$

где α — численный коэфициент, характеризующий среду; b — ширина трещин, содержащих воду; g — ускорение силы тяжести.

Для трещиноватых пород определяемая таким путем величина k не представляет в точном смысле «коэфициент фильтрации», а характеризует местную водопроводимость, что может служить для сравнительной характеристики отдельных участков между собой.

Величина b есть совершенно неопределенная величина, не поддающаяся практическому определению, почему и приведенная формула имеет лишь относительное значение.

В. Геологические и гидрогеологические исследования

ГЛАВА III

ОБЩИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЯХ

§ 5. Общее геологическое обследование района

1. Состав общих геологических исследований

Изучение каждого района будущих водохозяйственных мероприятий в геологическом отношении должно начинаться с общего геологического (геоморфологического) исследования, которое должно охарактеризовать:

а) орографию района, т. е. основные формы рельефа, высоты местности над уровнем моря и пр.;

б) геологическое строение района: характер залегания и смену напластований, а также их возраст, различные тектонические нарушения и пр. (стратиграфия, тектоника);

в) гидрографию района, т. е. основные водные артерии, их водоносность, соотношение с орографией и пр.;

г) характер свойства горных пород (литология, физикохимический состав и пр.);

д) физико-геологические явления в районе, происходившие и происходящие в настоящее время;

е) гидрогеологию района или подземные воды его. Последние изучаются более детально специальными гидрогеологическими исследованиями (§ 2).

В зависимости от стадии проектирования состав исследований конечно изменяется.

2. Организация геологических исследований

Геологическое обследование необходимо поручать специалисту-геологу для того, чтобы получить вполне надежные и научно обоснованные результаты. Необходимо, чтобы геолог получил совершенно ясные задания, т. е. какие именно моменты в исследовании интересуют проектировщиков и строителей, и чтобы со своей стороны он имел хотя бы общие представления о тех сооружениях и работах, которые намечаются. Между геологом и инженером должны существовать полное взаимопонимание и ясность в заданиях, целях и способах исследований, что особенно относится к специальной части исследований.

а) **Подготовка работ.** Геологические исследования начинаются с изучения литературных материалов и материалов прежних исследований по данному району и составления сводки их и предварительного очерка. После этого составляется программа исследований, в связи с полученными заданиями устанавливаются методы работ и календарный план их.

На изготовленных рабочих картах намечаются основные маршруты геолога, места заложения основных скважин, их глубина и другие данные. В процессе полевой работы направления ходов могут изменяться, расположение и число буровых скважин также, но предварительный план все же должен существовать в целях обеспечения успешности работы.

б) **Оборудование.** Снабжение и оборудование геологических исследований заключается в следующем:

геологический молоток (лучше 2),
топор,
лопата,
горный компас,
буссоль Шмалькальдера (для простейших съемок),
рулетка,
бинокль,
лупа,
циркуль,
масштабная линейка,
стеклянная посуда,
реактивы (главным образом соляная кислота HCl — в особых флаконах),
термометр-пращ, термометр для воды,
фотографический аппарат,
дневник, записная книжка, канцелярские и прочие принадлежности,
полевая сумка и ящик для инструментов.

В некоторых случаях геолог снабжается угломерным инструментом (например эклиметр), барометром-анероидом для определения высот и другими дополнительными инструментами.

Если геолог работает отдельно от всей изыскательской партии, то он снабжается кроме того палаткой и брезентами.

3. Полевые работы

Полевое геологическое обследование состоит из описания обнажений, описания и изучения речных долин, балок, оврагов, озер, болот, почвенного покрова (если не производится специального почвенного обследования), выходов грунтовых вод на поверхность естественных (ключи, родники) и искусственных (колодцы, буровые скважины)*, а также бурения, производимого под наблюдением геолога.

* При наличии специальной гидрогеологической группы обследование подземных вод делается более детально по особой программе.

а) **Описание обнажений.** Каждое обнажение, овраг, балка, выход грунтовой воды и т. д. отмечаются на рабочей карте и занумеровываются порядковым номером по дневнику.

Обнажения бывают естественными: обрывистые берега рек, балок, оврагов, долин, утесы, обвалы, выходы пород на водоразделах и т. д., и искусственными: выемки в каналах, на дорогах, при земляных работах вообще, каменные, песчаные карьеры (каменоломни), ямы, рвы, шурфы и т. п.

Каждое обнажение описывается в следующем порядке:

1) местоположение его, характер, общие размеры;

2) условия и формы залегания пород, мощность пластов h, измеряемая рулеткой в метрах (на рисунке показывается разрез обнажения), падение их, характер залегания — спокойное или нарушенное и т. д.;

3) петрографическое описание пород: наименование, цвет, пористость, структура, твердость и пр., содержание карбонатов (делается реакция соляной кислотой);

4) характер выветривания путем сравнения породы и продуктов ее выветривания и

5) палеонтологические остатки.

Кроме того, описываются строительные материалы и полезные ископаемые, камень, мергель, глина, песок, гравий, уголь, фосфориты, руды и т. п.

От каждой породы берутся образцы (обязательно от цельной породы) и укладываются с надписанной этикеткой в особые мешочки с номером обнажения и слоя (при рыхлых породах завертываются в бумагу). Ряд таких образцов (до 20) укладывается в туго завязанный мешок с номером и указанием номеров обнажений. Раковины и другие хрупкие образцы укладываются в коробки. По мере накопления мешки упаковываются в деревянные ящики, отправляемые в управление или контору изысканий.

Описание ведется весьма подробно в дневнике и по возможности сопровождается фотографическими съемками. Если не предвидится специальной нивелировки, необходимо получить высоту обнажения помощью барометра-анероида.

б) **Описание речных долин, балок, озер и физико-геологических явлений** производится с теми же подробностями, что и обнажений. В отношении речных долин, балок, оврагов отмечаются длина, ширина, глубина балок и долин, характер склонов, берегов, размывы, отложения наносов (песка), состав их. Такие явления, как обвалы, оползни, просадки, провалы и другие смещения земляных масс, должны останавливать на себе особое внимание геолога, если явления эти происходят вблизи будущих объектов строительства.

Если не производится специальных почвенных исследований, то описываются и почвенный покров и растительность, поскольку это характеризует пределы распространения тех или иных геологических образований.

Все исследуемые явления записываются в дневники возможно более подробно, с взятием образцов пород, фотографированием и необходимыми измерениями.

в) **Бурение и шурфование.** К бурению при общем геологическом обследовании приходится прибегать в тех случаях, когда исследуемый район беден обнажениями и выходами грунтовых вод, например в степных местностях, или же для детального выяснения отдельных сомнительных случаев. Для специальных же обследований (см. раздел бурение) оно применяется по преимуществу и в большом масштабе.

При общих гидротехнических изысканиях обычно применяется разведочное бурение на глубину 10—20 м, иногда до 50 м, но в некоторых случаях

(в целях обводнения и водоснабжения) и глубокое, в частности, на артезианскую воду, на глубину до 150—250 и более м. Производство бурения описано в разделе Бурение.

Вместо бурения при небольших глубинах и для более детального исследования поверхностного покрова делаются шурфы, представляющие собой колодцы или шахты глубиной обычно 2—3 м, но иногда до 10—15 м и более. Кроме шурфов назначаются и другие выработки, как например штольни, галлереи горизонтальные, наклонные, но они применяются обычно уже при детальных исследованиях мест под сооружения.

При исследованиях рек, озер, болот бурение приходится производить не только по берегам с суши, но и на воде, в особенности при детальных изысканиях.

В последнем случае работы производятся при небольших глубинах воды с особого помоста, устраиваемого на четырех и более сваях, забиваемых в дно водотока. При значительных глубинах бурение производится с особого плота, устраиваемого на двух больших лодках или понтонах, устанавливаемых в данном месте реки с помощью якорей или якорных свай. Последние забиваются в дно реки вокруг понтонов по бортам, проходя через особые скобы, или же забиваются в особые в них сквозные в виде вертикальных труб отверстия и сообщают всей системе известную устойчивость и малую подвижность при волнении. При наличии постоянного, более или менее значительного волнения бурение производится с судов одиночных или спаренных между собой.

Зимой бурение производится со льда.

г) **Отчетные материалы.** Материалы полевых исследований подвергаются затем камеральной обработке: анализам, уточненным определениям, построению профилей — разрезов, геологических карт и пр., объединяемых геологическим очерком.

Процесс обработки материалов тот же, что и для гидрогеологических исследований, для которых геологические являются основой. Поэтому сведения по отчетным материалам перенесены в § 2.

§ 6. Общее гидрогеологическое обследование района

Гидрогеологические исследования могут быть общего характера для целей общего освещения вопроса о степени водоносности исследуемого района, т. е. для выяснения характера имеющихся на его территории водоносных горизонтов, качества их вод, условий залегания и возможности использования. Одним из обязательных вопросов в этом случае является выяснение характера и постоянства запасов подземных вод.

Исследования могут иметь и специальную задачу, локализованную на определенных участках; в этом случае они принимают характер специальных изысканий и развиваются на основе проведенных предварительно общих исследований.

1. Задачи и состав исследований

Задачей общих исследований является выяснение условий залегания подземных вод и возможности использования их. Выяснение условий залегания подземных вод производится на основе данных о геологическом строении исследуемого района, т. е. о литологическом составе пород, их стратиграфии, о тектонике местности и ее геоморфологии. На основе геологической карты составляется гидрогеологическая карта, указывающая все имеющиеся

в данной местности водоносные горизонты с их геологической и химической характеристикой, с указанием пределов их распространения, глубины залегания и степени их водоносности. Последняя характеризуется данными о выходе из них ключей или о расположенных в них колодцах и их дебите, данными о буровых скважинах и откачке воды из них, мощностью горизонта, характером его и условиями его питания и наконец данными о режиме его вод, т. е. о сезонном изменении дебита воды в отдельных пунктах распространения горизонта в связи с условиями рельефа и гидрографической сети. Заключение о глубоких горизонтах, не имеющих обнажений в исследуемой местности, делается на основе материалов, касающихся соседних районов.

Исследования общего характера используют имеющийся литературный материал, пополняют его материалами работ местных организаций, местных краеведческих кружков, местных колхозов и совхозов и своими наблюдениями.

Ввиду того, что для целей выяснения водоносности отдельных горизонтов большей частью бывает недостаточно имеющихся на месте данных, исследовательские работы обзорного характера пополняются буровой разведкой. Последняя намечается в местах наиболее характерных и показательных и производится после предварительного рекогносцировочного объезда исследуемого района и на основании уже имеющихся данных.

Так как характер подземных вод и степень богатства их сказываются на характере и режиме вод местной гидрографической сети, то изучение последней ведется параллельно исследованию района. В связи с этим вторым видом работ, освещающим гидрогеологические особенности района, являются работы гидрометрические, в задачу которых в данном случае входит исследование как питания поверхностных вод подземными, так и обратно — питание подземных вод за счет инфильтрации вод поверхностных.

Гидрометрические работы (Раздел III «Справочника») заключаются: а) в наблюдении за изменением уровня вод в последовательном ряде пунктов поверхностных водотоков и б) в замерах расходов воды на тех же пунктах или части их. Назначение гидрометрических работ является необходимым в том случае, когда выяснение вопроса о питании реки подземными водами и обратно о потере вод реки имеет большое значение в вопросе о тех или иных особенностях в характере и режиме подземных вод исследуемого района. В общих же случаях производится только регистрация участков реки, где происходит явное уменьшение или увеличение ее вод. Наблюдения и работы указанного характера производятся в период времени, когда атмосферные осадки находятся в минимуме.

2. Полевые работы

Полевые гидрогеологические исследования проводятся с разной степенью детализации, зависящей от задач исследований, стадии проектирования и наличных материалов и обстановки.

Различают следующие виды гидрогеологических съемок.

а) **Маршрутная съемка.** Маршрутная съемка производится в целях рекогносцировочного обследования района для выяснения программы обзорных или сплошных съемок.

При планировании работ в местностях, по которым имеется незначительный литературный материал, т. е. в местностях мало исследованных, маршрутная съемка должна предшествовать подробным съемкам (т. е. съемкам в масштабе от 1 : 150 000 до 1 : 50 000) или же должна предварительно назначаться обзорная съемка в масштабе 1 : 500 000.

При маршрутной съемке гидрогеологические наблюдения ведутся по некоторым ходовым линиям и маршрутам. Маршруты назначаются по основной гидрографической сети (исключая балочную и овражную сеть) и по основным водораздельным линиям. Этим определяется общая длина маршрутов.

б) **Съемки разных масштабов.** Гидрогеологическая съемка ведется на картографической основе, и степень подробности съемки тесно связана с масштабом карты, положенным в основу съемки.

Определение возможного масштаба исследования зависит в первую очередь от требований строительства, далее от масштаба и характера имеющихся карт и, наконец, от характера самой местности.

Первое требование определяет необходимый масштаб исследования наиболее важных участков, вся же остальная часть района может быть освещена менее детально, исключительно для целей установления общего характера района в гидрогеологическом отношении, т. е. для установления общей картины стратиграфии, тектоники и геоморфологии его, чтобы на этом фоне были понятны основные черты участков района, исследуемых более детально, ибо вне этой общей картины они не могут быть правильно освещены и использованы в практических целях.

Характер и масштаб имеющихся по исследуемому району карт может потребовать производства предварительно топографической съемки и топографических работ, дополнительных к имеющейся съемке. Характер самой местности в весьма значительной степени влияет на характер возможных в нем гидрогеологических работ.

Обзорное общее исследование основывается главным образом на том, что дает сама местность в имеющихся на ней естественных разрезах слагающих ее пород, что в свою очередь зависит от количества этих разрезов и той глубины, до которой они пересекают местность. Все остальное скрыто от глаз исследователя, и о нем он может высказывать только свои предположения и гипотезы, основанные на более или менее серьезной документации.

Эти предположения могут быть построены в таких случаях или проверены только получением искусственных разрезов, т. е. с помощью буровых работ, и потому для мало расчлененных районов буровые работы могут превалировать над исследованием визуального порядка. С другой стороны, районы резко расчлененные, но сложные по своему строению могут дать возможность для их исследования только при увеличении масштаба исследования.

Поэтому установление градации необходимого масштаба исследования не может иметь стандартный характер и производится в каждом отдельном случае в зависимости от указанных выше условий и от степени детализации других видов исследований, если изучение района носит комплексный характер.

Топографическая основа для обзорной съемки должна быть снабжена высотными данными. Если последние отсутствуют на имеющейся карте, то параллельно назначается или барометрическая нивелировка или тахиметрическая съемка. Последняя имеет значительные преимущества перед барометрической нивелировкой как в смысле точности получаемых результатов, так и по количеству времени, затрачиваемого на камеральные работы.

При буровых работах (см. Бурение) диаметр буровых скважин назначается не менее 75 мм. В тех же случаях, когда буровые скважины проводятся самим отрядом гидрогеолога и имеют своим назначением изучение строения только поверхностного покрова до глубины не более 10 м, диаметр скважин назначается менее 75 мм (до 25 мм), исходя из веса и компактности бурового снаряжения, чтобы не лишать отряд его подвижности и производительности.

Порядок производства работ и метод их изложены в курсах полевой геологии (акад. В. А. Обручев. «Полевая геология», т. I и II, Гос. горное Н-Т. Изд., 1932). Особенности гидрогеологической съемки указаны у А. Н. Мозаровича («Методика гидрогеологических исследований» Изд. ЦГС НКЗ РСФСР, 1926 г.). О вспомогательных работах гидрометрических, геодезических, а также буровых см. соответствующие разделы «Справочника».

Наиболее благоприятным временем для производства полевых гидрогеологических исследований следует считать весенний период после схода снега и окончания прохода весенних талых вод и первую половину лета, ибо за это время можно наблюдать наибольшее количество выходов источников и свежие следы эродирующей работы поверхностных вод.

3. Обработка материалов и гидрогеологический отчет

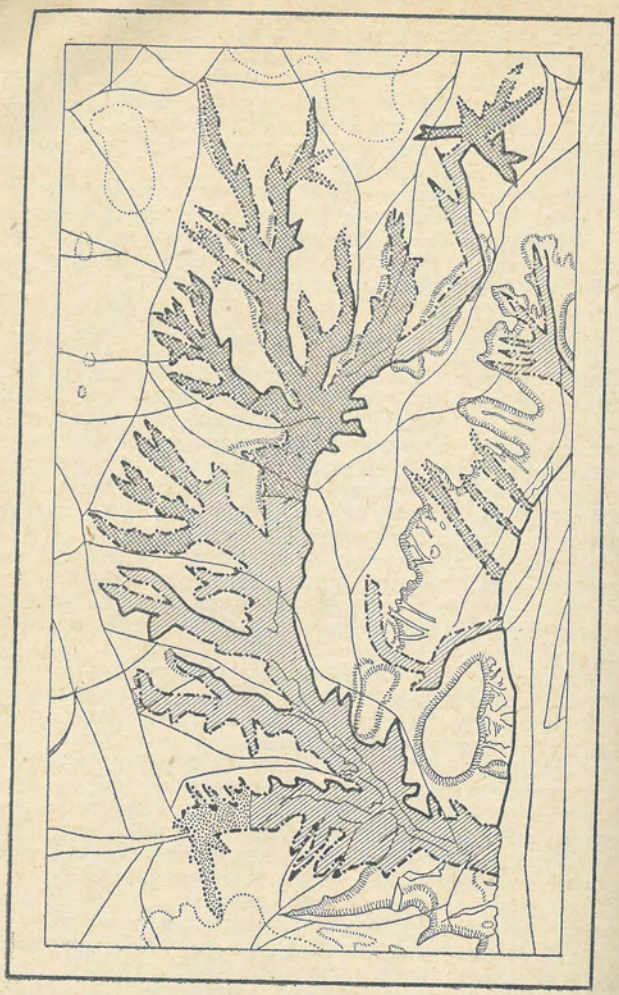
Результаты работ излагаются в подробных отчетах, иллюстрируемых соответствующими картами, профилями, разрезами и пр. В виду того, что данными обследования должны будут руководствоваться также и лица, не имеющие специальных познаний в области геологии, необходимо помимо научного обзора помещать в отчетах практическую часть, в которой описание водоносных горизонтов должно быть сделано по сумме таких признаков, которые позволили бы технику отличить их в свите тех пород, которые будут проходиться буровой скважиной.

На гидрогеологической карте для каждого участка исследованного района должен быть нанесен ближайший к поверхности наиболее водообильный, пригодный для использования водоносный горизонт с указанием глубин его залегания и с условным обозначением, соответствующим его описанию.

Помимо гидрогеологической карты распределения водоносных горизонтов, пригодных для использования, составляется карта распределения пресных и минерализованных вод, как подземных, так и поверхностных.

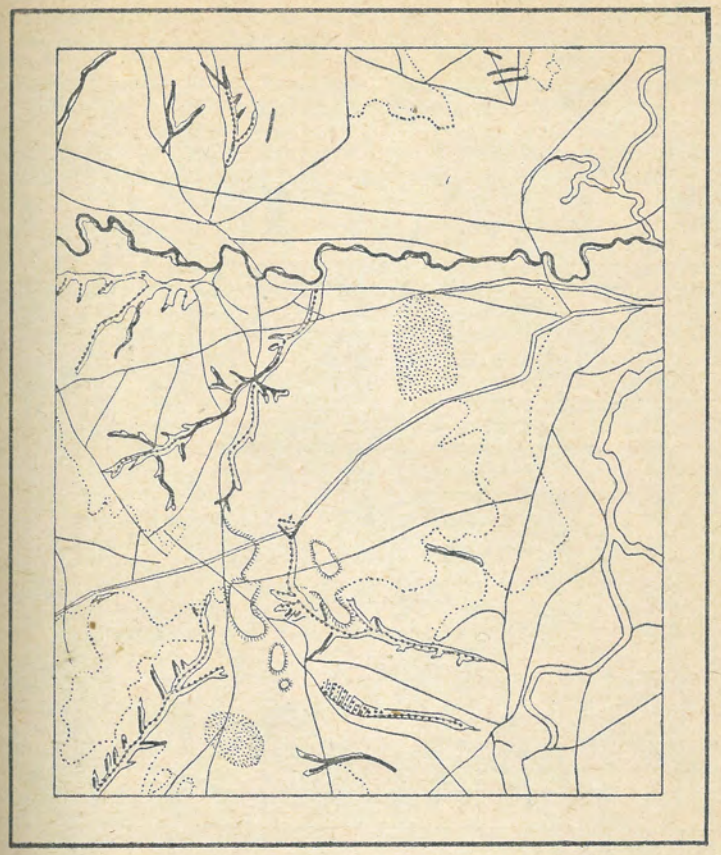
Гидрогеологические исследования наряду с регистрацией выходов подземных вод отмечают все явления, связанные с деятельностью подземных и поверхностных вод, — явления оползней, просадок карста, размыва, заболачивания и пр.; все явления этого рода описываются в специальной главе, посвященной вопросу о физико-геологических явлениях. Иллюстрацией к этой главе должна быть карта физико-геологических явлений. В том случае, когда этого рода явления служат предметом специального изучения в какой-либо части района или во всем районе, то такие карты составляются по роду изучаемого явления (карта размыва, карта оползня, карта заболачивания, карта распределения сыпучих песков и пр.). Образцы составления таких карт представлены на рисунках 6, 7, 8 (заимствованы у А. Н. Мозаровича — «Методика гидрогеологических исследований»).

Кроме подробного описания гидрогеологических условий исследованного района делается общая сводка в виде гидрогеологического районирования местности. Отдельные районы ее, обладающие особыми геоморфологическими признаками, находящимися в тесной зависимости как от условий геологического характера, так и от деятельности внешних агентов, являются неодинаковыми также и в отношении необходимого на них мелиоративного воздействия. Определение характера мелиоративных потребностей этих районов с точки зрения их гидрогеологических условий входит также в задачу сводки. Данные окончательной сводки заносятся в особую таблицу, в которой каждый гидрогеологи-



крутые стенки оврага
средней крутиз. „ „
пологие „ „ „
водоупорное дно „
полупроницаем. „
водопроницаем „

Рис. 6. Карта водопроницаемости дна и крутизны стенок оврагов.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

развеваемые пески
свежий размыв
задернованный размыв
размыв угрожающий дорогам

Рис. 7. Карта размыва и развевания.

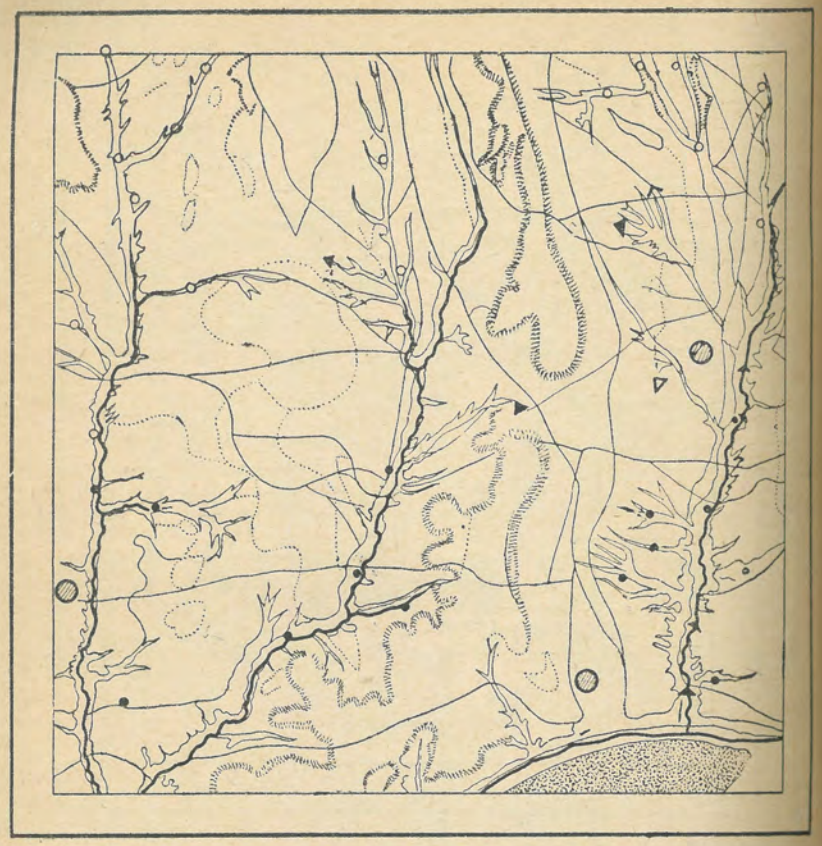


Рис. 8. Карта водоносности.

ческий район согласно приложенной к ней карте кратко очерчивается как в отношении своего характера, так и в отношении необходимых в нем технических или другого рода мероприятий. Здесь же отмечаются и условия его водоснабжения с мероприятиями по его улучшению, возможность устройства прудов и более крупных водохранилищ, характер грунтовых вод и глубина их залегания.

Изложение всего материала, выводы и их документация должны производиться в определенном порядке в гидрогеологическом отчете:

I. Район исследований, задачи, поставленные исследованием, время их производства, состав и оборудование партии, маршруты исследований.

II. Описание всего фактического материала (в порядке маршрутов или по элементам гидрографической сети): а) обнажения, б) выходы подземных вод, в) физико-геологические явления.

III. Геологический очерк: 1) обзор имеющихся материалов (литературного, неопубликованных работ, ведомственных материалов); 2) орографический очерк; 3) гидрографический очерк; 4) геологическое описание (последовательное описание всех пород и отложений в порядке их возраста, начиная с древнейших, с документацией их возраста, петрографическим описанием, указанием пределов их распространения и условий залегания).

IV. Гидрогеологический очерк. Описание водоносных горизонтов с указанием качества и степени обилия вод. Петрографический состав горизонта, механический состав, коэфициент фильтрации на основании данных о механическом составе, пьезометрические уровни. Пределы распространения, возможная область питания.

V. Очерк физико-геологических явлений.

VI. Геоморфологический очерк.

VII. Гидрогеологическое районирование.

VIII. Документация:

Таблицы химических анализов вод, механических анализов пород, данные о дебите источников и колодцев. Таблицы высот (если топографическая карта не имеет горизонталей).

Карты: геологическая, гидрогеологическая (водоносных горизонтов с указанием родников), распределения пресных и минерализованных вод (поверхностные и подземные), физико-геологических явлений, гидрогеологических районов.

Гидрогеологические профили и разрезы.

Карта высот (если производилась барометрическая или тахиметрическая съемка или инструментальная нивелировка).

ГЛАВА IV

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОДНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Специальные гидрогеологические исследования производятся для разрешения ряда конкретных вопросов в связи с задачами водного строительства: а) орошение и осушение, б) водоснабжение совхозов и колхозов, в) гидротехнические сооружения — плотины и водохранилища, каналы, обвалование.

Специальные исследования всегда базируются на данных гидрогеологической съемки, т. е. на общих данных о гидрогеологическом характере и о гидрогеологических условиях местности, в которой находится площадь, подлежащая специальным исследованиям. В зависимости от поставленных задач эти данные уточняются и детализируются.

§ 7. Специальные гидрогеологические исследования в связи с орошением и осушением земель

1. Задачи исследований

Основной задачей при проектировании оросительных и осушительных систем является выяснение режима грунтовых вод, их питания, направления естественного стока и глубины залегания. Исследованию подвергаются ближайшие к поверхности грунтовые воды, залегающие на первом водоупорном слое. Более глубокие воды исследуются в том случае, если они дают питание верхним водам или же если их запасы предполагается использовать.

Наряду с изучением режима грунтовых вод изучается механический состав грунтов, залегающих выше и ниже зеркала грунтовых вод, порозность этих грунтов и их водные свойства. В соответствии с этим организуются опытные работы, стационарные наблюдения над режимом грунтовых вод, лабораторные исследования механического состава грунтов и их водных свойств, химический анализ вод (последний увязывается с вопросом о причинах минерализации вод) и химический анализ грунтов (на содержание воднорастворимых солей). Для производства опытных работ и стационарных наблюдений выделяются опытные участки.

При осушительных работах выяснение наличия и путей питания осушаемых площадей грунтовыми водами является первоочередным. Наряду со стационарными наблюдениями над режимом грунтовых вод составляются гидрогеологические разрезы и профили, карты гидроизогипс.

Планирование всех указанных выше работ базируется на детальной гидрогеологической съемке опытных участков в масштабе 1 : 10 000, профили составляются в масштабе 1 : 5 000 (гориз.) и 1 : 500 (верт.), разрезы — в масштабе 1 : 50.

2. Состав исследований для разных стадий проектирования

а) Для составления проектной схемы производится общая гидрогеологическая съемка в масштабе 1 : 100 000 с полевой характеристикой грунтов на отдельных участках орошаемых площадей и полевым анализом грунтовых вод.

б) Для проектного задания представляется карта гидрогеологической съемки с основными гидрогеологическими профилями. На карту наносятся опытные участки и участки стационарных наблюдений. Заключение о гидрогеологических условиях документируется предварительными данными опытных и стационарных работ и данными лабораторных исследований.

в) Характеристика исследований для технического проекта ясна из приводимого перечня отчетных материалов.

Перечень отчетных материалов

I. Карта гидрогеологической съемки района в масштабе 1 : 100 000.

II. Карты детальной гидрогеологической съемки опытных участков в масштабе 1 : 10 000 с гидрогеологическими профилями в масштабе 1 : 5 000 (гориз.) и 1 : 500 (верт.) и разрезами в масштабе 1 : 50.

III. Карты гидроизогипс на опытных участках в масштабе детальной съемки.

IV. Гидрогеологические профили участков стационарных наблюдений (в масштабе детальной гидрогеологической съемки) с показанием на них положения уровня грунтовых вод в отдельные сезоны года.

V. Сравнительные графики колебания уровня грунтовых вод и выпадения атмосферных осадков на участках стационарных наблюдений с геологическими разрезами пунктов наблюдения и таблицами механического состава и водных свойств грунтов.

VI. Сравнительный график взаимной зависимости уровня грунтовых вод и уровня поверхностных вод на стационарных пунктах наблюдения и гидрогеологический профиль с показанием кривой депрессии грунтовых вод в отдельные моменты положения уровня поверхностных вод с таблицами механического состава грунтов и водных свойств их, отнесенных к пунктам профиля.

VII. Таблицы химического состава грунтовых и поверхностных вод в различные сезоны года (для орошаемых площадей).

VIII. Таблицы химического состава грунтов в отношении содержания воднорастворимых солей (для орошаемых площадей).

IX. Таблица лабораторного исследования водных свойств грунтов.

X. Опытные данные по изучению скорости передвижения подземных вод.

XI. Заключение о гидрогеологических условиях орошаемых или осушаемых участков.

3. Наблюдения в период эксплоатации

В период эксплоатации орошаемых участков продолжаются стационарные наблюдения над положением уровня грунтовых вод, и периодически производятся анализы вод и грунтов (на воднорастворимые соли).

На осушаемых площадях продолжаются наблюдения за положением уровня грунтовых вод и положением уровня депрессионной кривой в отдельные моменты положения уровня поверхностных вод и выпадения атмосферных осадков (приурочиваясь главным образом к зимнему, весеннему и меженному периодам года). Составление карт гидроизогипс приурочивается также к этим моментам.

§ 8. Специальные гидрогеологические исследования для водоснабжения

Вопросы водоснабжения разрешаются различными путями: а) устройством шахтных или буровых колодцев; б) каптажем родников и проведением от них водопровода; в) устройством водохранилищ с расположенными около них так называемыми колодцами-фильтрами; г) устройством водохранилищ и проведением от них водопроводов с соответствующими при них насосными установками и фильтрами (механическими или биологическими или наконец д) использованием речных или озерных вод. В указанных случаях требуется разрешение вопроса о характере имеющихся подземных

вод и о возможности их использования, а иногда о возможности устройства водохранилищ. Оба указанных вопроса в общем виде разрешаются при гидрогеологической съемке.

1. Задачи исследования для схемы

Эти исследования обосновывают общее решение вопроса — его схему, для чего данные общей съемки уточняются в отношении заданного участка дополнением фактическими данными: полевыми анализами вод, механическими анализами грунтов и данными о дебите родников и колодцев. На основании этих данных разрешается вопрос о схеме необходимых сооружений и устройств и о тех детальных разведках, которые будут необходимы для составления проектного задания; разрабатывается также план этих разведок с начислением их стоимости. Таким образом в данной стадии на основе исследований устанавливается лишь возможность осуществления водоснабжения.

2. Исследования для проектного задания

Для проектного задания требуются данные буровой или шурфовой разведки в целях установления основных размеров сооружений: число, глубина и положение колодцев или место расположения и характер каптажей родников, или наконец место расположения плотины для водохранилища, длина ее и условия самого водохранилища — возможные потери за счет фильтрации через ложе водохранилища; данные о режиме родников за годовой (минимально) период или пробные откачки из шурфов и скважин и данные о режиме уровней подземных вод соответствующего водного горизонта за тот же период.

Указанные данные, полученные специальной разведкой на всей отведенной для нее площади, позволяют наметить различные варианты сооружения и сделать выбор наиболее приемлемого и удовлетворяющего задаче строительства. Наряду с этим намечаются, следовательно, определенный пункт сооружения и детальная разведка под самое сооружение, т. е. план и стоимость детальной разведки и программа ее.

Таким образом задача проектного задания заключается в том, чтобы представить материалы, которые позволили бы наметить ряд вариантов необходимых сооружений и сделать выбор наивыгоднейшего из них.

3. Исследования для технического проекта

Детальная разведка в стадии детального проектирования должна будет относиться к самому сооружению и к установлению всех деталей его и, следовательно, к получению точных и определенных данных для проектирования. Порядок изложения и характер требуемых материалов в окончательном виде следующие:

I. Гидрогеологическая съемка окружающего района с подлежащей графической документацией в масштабе 1 : 50 000, дополненная полевыми анализами воды и лабораторными анализами механического состава и водных свойств грунтов и горных пород.

II. Данные специальной гидрогеологической съемки в масштабе 1 : 25 000, проведенной при помощи шурфовых и буровых работ и документированной разрезами по всем буровым скважинам и шурфам.

III. Полные химические анализы питьевой воды. Данные о режиме дебитов источников и дебитов в шурфах или буровых скважинах.

IV. Данные о степени постоянства химического состава вод.

V. Гидрогеологические условия на месте предполагаемого сооружения. Описание, документированное разрезами по шурфам и буровым скважинам.

VI. Материалы стационарных наблюдений над режимом подземных вод. Таблицы и заключение по ним.

VII. Результаты опытных полевых и лабораторных работ по исследованию фильтрации в грунтах и горных породах. Определенный опытным путем или вычисленный теоретически коэфициент фильтрации в них.

VIII. Заключение о степени обеспеченности водоснабжения в отдельные сезоны года и о гидрогеологических условиях возведения необходимых сооружений. Влияние интенсивного использования подземных вод на режим их в окружающей местности и сфера влияния.

Производство детальной разведки и плановое расположение ее всецело зависят от совокупностей имеющихся гидрогеологических условий. При учете опытных данных, касающихся производительности водоносного горизонта, принимается в расчет режим подземных вод, и потому этого рода опытные работы производятся параллельно стационарным наблюдениям над режимом подземных вод в момент наивысшего, среднего и наинизшего положений уровня. К тем же моментам времени должно быть отнесено отобрание проб воды для химического анализа их.

При проектировании каптажей источников на горных склонах необходимо учитывать характер передвижения здесь подземных вод. Крутые горные склоны не могут иметь водоносных «горизонтов». Подземные воды передвигаются здесь отдельными струями. При этом легко возможна, при бифуркации струи, потеря водоносности, что сказывается в резком или постепенно снижающемся дебите каптажа. В виду этого, при разведке подземного потока возможность его бифуркации должна быть выявлена.

4. Наблюдения в период эксплоатации водоснабжения

В период эксплоатации сооружений по водоснабжению гидрогеологические наблюдения сводятся к двум основным вопросам (при использовании подземных вод):

1) изменение количества и качества вод, поступающих в каптажные сооружения или забираемых из колодцев;

2) изменения в режиме уровня подземных вод в связи с использованием их.

Для разрешения первого вопроса организуется наблюдение за расходом вод (как поступающих в водопровод, так и «сигнальных», т. е. избыточных, уходящих вне водопровода) и периодическое опробование вод с химическим анализом их.

Для разрешения второго вопроса продолжаются работы на наблюдательных пунктах по изучению режима уровня вод.

Данные указанных наблюдений сопоставляются с данными, соответствующими периоду времени до устройства сооружения, и на основании этого составляется заключение.

Минимальным периодом времени стационарных наблюдений за режимом дебита источников и за режимом уровней грунтовых вод считается один гидрологический год. При постановке наблюдений для целей водоснабжения обязателен зимний период наблюдений.

Гидрогеологический материал должен быть представлен в таком объеме, чтобы описанием обнажений и разрезов по буровым скважинам и шурфам

была полностью освещена схема геологического строения водосборной площади и выяснены гидрогеологические условия ее (поступление и расход грунтовых вод).

Густота сети исследовательских точек определяется требованием возможности установления связи между отдельными точками в отношении геологического строения и гидрогеологических условий.

§ 9. Специальные гидрогеологические исследования в связи с устройством водоподпорных сооружений и водохранилищ

1. Исследования, необходимые для проектного задания

По данным гидрогеологической съемки в первую очередь разрешаются вопросы:

1) каковы гидрогеологические условия стока и грунтового питания в исследуемом районе водохранилища;

2) каково строение поверхности бассейна и в какой степени развит в нем размыв с точки зрения возможности заиления и образования наносов в водохранилище.

Дополнительные рекогносцировочные исследования дают ответ на вопросы:

3) какие породы будут служить ложем водохранилища, какова степень их водонепроницаемости;

4) если породы ложа водохранилища водопроницаемы, то насколько велики будут потери на фильтрацию (размеры этих потерь);

5) нет ли в пределах водохранилища карстовых образований;

6) местоположение необходимых строительству материалов.

В этой стадии ведутся также исследования для разрешения вопросов:

1) как отзовется образование подпора на повышение уровня грунтовых вод в прибрежной полосе земель. Какой уровень может считаться опасным для с.-х. использования земель;

2) существуют ли в берегах и местах предполагаемых сооружений оползни, и если их нет в данный момент, то не могут ли они возникнуть после сооружения плотины под влиянием повышения уровня воды;

3) нет ли на участках, где предполагаются сооружения, плывунов или таких тонкозернистых песков, которые могут оказаться под водой после подпора и могут образовать плывуны;

4) в какой степени будут связаны с водохранилищем залегающие под ним водоносные горизонты.

2. Исследования для технического проекта

Для технического проекта должны быть представлены данные:

1) В каких породах должны быть заложены основания сооружений*: плотин, силовых станций, гражданских сооружений; каковы строительные, механические и водные свойства и устойчивость этих пород.

2) Если плотина возводится на водопроницаемом грунте, то в какой мере может быть ожидаема здесь фильтрация и может ли она вызывать значительные потери воды из водохранилища и развитие опасных вымывающих скоростей потока, нарушающих устойчивость основания.

3) Нет ли в пределах водохранилища карстовых образований, в какой его части они могут быть развиты, и какие мероприятия могут быть проведены для предупреждения потерь воды из водохранилища.

4) После утверждения проектного задания на месте предполагаемого водохранилища должны быть организованы стационарные исследования режима грунтовых вод, опытные исследования фильтрационных свойств пород и грунтов: под плотиной, на месте отводящих воду каналов и в других местах, где это будет необходимо по условиям строительства и подробной разведки в ложе водохранилища. Механический анализ грунтов, химический анализ вод и лабораторное исследование грунтов и их строительных свойств должны проводиться наряду с предыдущими работами. Материалы по всем указанным исследованиям частично в основных чертах представляются к предварительному проекту и в окончательном виде — к детальному проекту.

3. Состав отчетных материалов

Порядок изложения и характер требуемых материалов в окончательном виде должен быть следующий:

I. Гидрогеологическая съемка бассейна в масштабе от — 1 : 100 000 до 1 : 25 000, смотря по площади бассейна.

II. Детальная гидрогеологическая съемка района водохранилища в масштабе 1 : 5 000 с поперечным и продольным профилями и разрезами.

III. Материалы шурфовой и буровой разведки.

IV. Материалы опытных работ и полевых испытаний грунтов под нагрузкой.

V. Материалы стационарных наблюдений над режимом подземных вод. Таблицы дебитов источников и данные по откачкам воды из шурфов и скважин.

VI. Таблицы механических анализов грунтов и химических анализов вод.

VII. Материалы лабораторного испытания фильтрационных и физических (а также строительных) свойств грунтов.

VIII. Данные для определения потери воды за счет фильтрации и определение размеров фильтрации.

IX. Заключение о гидрогеологических условиях на месте предполагаемого водохранилища и плотины с ее вспомогательными сооружениями.

§ 10. Специальные гидрогеологические исследования в связи с устройством оросительных, обводнительных и др. каналов

В основу исследований полагается общая гидрогеологическая съемка района проведения канала в масштабе 1 : 100 000. При этом для составления схемы проекта требуется уточнение съемки по вопросу о возможности появления просадок, водопроницаемости поверхностного покрова и о подземных водах в поверхностной толще до глубины, превышающей необходимые выемки не менее как на 5 м. Уточнение проводится в пределах намечаемых строительством трасс полосой вдоль трассы шириной 2 км (по 1 км в сторону от трассы). Если трасса проходит по косогорам, то в этих местах проводится исследование возможности образования оползня. Данные представляются в виде таблиц полевого анализа механического состава грунта, заключения о возможных фильтрационных свойствах его и разрезов буровых скважин или шурфов. На наиболее характерных участках трассы

* Более подробные сведения об исследованиях для проектирования отдельных сооружений см. «Справочник», т. IV.

представляются данные в виде геологических разрезов, уясняющих строение косогора, — коренные породы и поверхностные отложения: их состав и условия залегания.

1. Проектное задание

Для проектного задания проводятся опытные работы по испытанию фильтрационных свойств грунтов в пределах намечаемых вариантов и в наиболее опасных местах, а также опытные работы по исследованию глубины промачивания на косогорных участках канала.

В местах тоннелей и глубоких выемок закладываются буровые скважины или шурфы до глубины, превышающей подошву выработки не менее как на 5м с анализом дебита и химического состава могущих оказаться здесь подземных вод. Для каждого варианта делается подсчет возможных потерь воды за сет фильтрации.

2. Исследования для технического проекта

Для технического проекта проводится детальное исследование трассы выбранного варианта шурфовыми и буровыми работами по участкам, на которые трасса разбивается по степени однородности их на основании предыдущих работ. Наряду с полевыми опытными работами по выяснению просадочности и фильтрационных свойств грунта, глубины промачивания, устойчивости и оплывания откосов делается лабораторное испытание и механический анализ всех категорий грунта, имеющихся на протяжении трассы канала.

При большом протяжении каналов для целей обрисовки характера строения грунта необходимо предварительно дать геоморфологическое описание местности, устанавливая моменты, определяющие характер строения поверхностного покрова, и уже согласно этому намечая продольную и поперечную разведку трассы.

Строение трассы характеризуют следующие моменты:

а) поверхностные песчаные накопления; б) просадочные явления в суглинках; в) аллювиальные отложения (галечники, пески, песчано-глинистые, глинисто-песчаные, глинистые; это подразделение указывает на преобладание песчаных или глинистых прослоев в общей массе аллювия, пересекаемого каналом); г) делювиальные и элювиальные покровы на коренных породах; д) коренные породы.

На тоннельных участках канала и на местах предполагаемых бетонных сооружений обязателен химический анализ вод на присутствие вредных примесей (солей серной кислоты, солей магния, свободной углекислоты, азотной и азотистой и органических кислот). Наряду с механическим анализом грунтов обязателен их химический анализ на воднорастворимые соли.

Если в поверхностной зоне имеются грунтовые воды, могущие попадать в канал, обязателен химический анализ этих вод и решение вопроса о степени усиления за счет их минерализации вод канала.

3. Отчетные материалы

Порядок изложения и характер требуемых материалов для представления технического проекта будут следующие:

I. Общая гидрогеологическая съемка в масштабе 1 : 100 000.

II. Детальная съемка по трассе в масштабе 1 : 5 000.

III. Гидрогеологический профиль по трассе по данным буровой и шурфовой разведки в масштабе 1 : 5 000 (гориз.) и 1 : 500 (вертикальный) и 1 : 100 или 1 : 50 для составляемых к ним разрезов по шурфам и скважинам с указанием водоносных горизонтов.

IV. Профили и разрезы на тоннельных участках и на косогорных участках канала в масштабе 1 : 500 (гориз.) и 1 : 50 (верт.).

V. Таблицы данных откачек воды из шурфов и скважин.

VI. Таблицы данных механического и химического анализа грунтов.

VII. Таблицы данных химического анализа вод.

VIII. Данные опытных работ по испытанию фильтрационных свойств грунтов.

IX. Данные лабораторного испытания водных свойств грунтов.

X. Данные о физико-механических (строительных) свойствах грунтов.

XI. Данные о режиме грунтовых вод, могущих оказывать влияние на канал, в пределах полосы, примыкающей к трассе канала, и на более характерных участках канала (тоннельные и косогорные).

XII. Подсчет потерь воды за счет фильтрации из канала.

XIII. Заключение на основании всех указанных данных о гидрогеологических условиях устройства канала и сооружений на нем.

§ 11. Специальные гидрогеологические исследования в связи с проведением регуляционных работ на реках

1. Общий состав исследований

Гидрогеологические исследования сводятся к специальным работам по исследованию грунтов по линии обвалования, если оно проектируется, и по режиму грунговых вод. Одним из основных вопросов в деле обвалования является изучение режима грунтовых вод на обвалованной территории, как имеющегося до обвалования, так и возможного после обвалования. Поэтому гидрогеологические работы здесь сводятся к получению следующих материалов:

I. Гидрогеологический профиль вдоль линий обвалования в масштабе 1 : 5 000 (гориз.) и 1 : 500 (верт.); составление разрезов по шурфам и скважинам делается в масштабе 1 : 50.

II. Поперечные профили в масштабе 1 : 500 (гориз.) и 1 : 50 (верт.) с показанием на них строения грунта и положения уровня грунтовых вод в период максимального, минимального и среднего уровней поверхностных вод.

III. Таблицы механических анализов грунтов.

IV. Таблицы колебания уровня подземных вод (не менее годичного периода);

V. Таблицы данных лабораторного исследования фильтрационных свойств грунтов.

2. Требования, предъявляемые разными стадиями проектирования

а) **Для проектного задания.** Требуется представление общего описания строения грунта по пойме реки и по линии обвалования, иллюстрируемого разрезами буровых скважин или шурфов в наиболее характерных пунктах, и указания на месте нахождения необходимых строительных материалов.

б) **Для технического проекта.** Необходимо представление всех данных по пп. по общему перечню (см. п. 1).

ГЛАВА V

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМА И ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

§ 12. Исследования режима подземных вод

Исследования режима подземных вод состоят из двух основных разделов: 1) исследование режима расходов источников и колодцев и 2) исследование режима уровней грунтовых вод.

Первый раздел обычно бывает связан с вопросами водоснабжения, ибо режим расходов воды в источниках или колодцах должен лечь в основу проектирования водоснабжения. Потребность последнего должна быть полностью обеспечена в периоды минимальных поступлений подземных вод. Помимо того наблюдения над расходом подземных вод должны производиться и за все время эксплоатации сооружений, так как расходы подземных вод подвержены колебаниям не только по отдельным периодам года, но и за длительные многолетние промежутки времени. То же самое явление может быть вызвано изменениями условий питания водоносного горизонта (вырубка лесов, осушительные работы в лесных массивах и пр.). Каптаж водоносного горизонта в районе уже существующего его использования в равной степени может повлиять на его используемые источники и тем самым нарушить существующее водоснабжение. При широком использовании подземных вод в технических целях наблюдение за режимом расхода является уже обязательной задачей.

1. Измерение расхода источников

Метод наблюдений за режимом расхода вод в источниках основан на применении или постоянных установок — щитов (Чиполетти, Томсона) — или переносного мерного сосуда (см. Разд. III, § 35). При применении щитов тарировка их должна быть произведена на месте, т. е. в первые периоды наблюдений расход определяется мерным сосудом и одновременно делается запись уровня воды по показанию рамки. Щиты устанавливаются на каптажных устройствах на стенке, отделяющей отстойник от камеры, из которой вода поступает в водопровод. Если щит устанавливается на месте «сигнального» отверстия, т. е. отверстия, выпускающего избыточную воду, то перед замером водопровод должен быть закрыт. Применение щитов на наклонных лотках не допускается.

При использовании мерного сосуда (емкостью от одного до нескольких литров) последний подставляется под струю, выходящую из сигнального отверстия (при предварительном закрытии крана водопровода) или под струю, вытекающую из рамки водослива.

Если источник не каптажирован, то он предварительно обделывается так, чтобы вода из него поступала в небольшой ящик, на котором устанавливается щит или трубка для мерного сосуда.

Данные измерений заносятся в ведомость для каждого источника отдельно. Замеры производятся или ежедневно в определенные часы или раз в декаду. Последнее делается при общем надзоре за эксплоатацией источника. При исследовании зависимости расхода воды от количества атмосферных осадков измерения учащаются до трех раз за сутки (7 ч.—13 ч.—19 ч.).

Данные измерений наносятся на график (по оси абсцисс откладывается время, по оси ординат — расход в секунду в литрах).

2. Измерение расхода воды колодцев

Измерение расхода воды, даваемого колодцами, делается путем откачки воды насосом. При этом обязательно соблюдение условия: откачка производится с такой интенсивностью, чтобы уровень, понижаясь во время откачки, достиг неизменного положения на определенной высоте, одной и той же для всех наблюдений. Если колодец имеет постоянную насосную установку, то откачка производится до уровня приемного клапана насоса. Только при этом условии график может показать действительные колебания в расходах. При измерении расходов, получаемых при разных уровнях, мы достигаем изучения вопроса о том, что может дать водоносный горизонт при том или ином угле линии депрессии. Этот вопрос решается при определении степени пригодности данного пункта как источника водоснабжения.

Графики колебания расходов в отдельных пунктах для одного и того же водоносного горизонта сопоставляются друг с другом для разрешения вопроса о месте наиболее интенсивного поступления вод при проектировании водоснабжения.

При выявлении зависимости расхода воды от хода того или иного явления, составляется параллельный график последнего (атмосферные осадки, атмосферное давление, колебание уровня поверхностных вод, ход поливов на орошаемых площадях и т. п.).

§ 13. Наблюдения за режимом уровней подземных вод

В большинстве случаев изучение режима подземных вод может быть основано на изучении колебания их уровня.

Наблюдение за режимом уровней вод необходимо во всех тех случаях, когда определенное положение уровня обусловливается задачами использования земельных участков для сельского хозяйства или для строительства вообще. Проведение осушения земельных массивов и последующее использование их требуют знания режима уровней грунтовых вод. Вопрос об устройстве орошения и об эксплоатации орошаемых площадей также тесным образом связан с вопросом режима уровней подземных вод.

Изучение режима колебания уровня подземных вод ставится: 1) для выяснения факторов, оказывающих на него влияние, и 2) в связи с отдельными задачами строительства. Первое необходимо при общем изучении водоносного горизонта; второе определяет собой характер и размеры технических мероприятий, проведение которых необходимо для понижения уровня (дренажные устройства) или для повышения его (подземные плотины для вывода грунтовых вод на более высокий уровень в целях их дальнейшего использования).

1. Исследование факторов, влияющих на режим подземных вод

Факторами, влияющими на режим уровня подземных вод, могут быть 1) атмосферные осадки, 2) поверхностные воды и 3) подземные воды других водоносных горизонтов.

Изучение уровня ведется с помощью шурфов и буровых скважин, а также существующих колодцев.

а) **Изучение влияния атмосферных осадков.** Если изучается влияние атмосферных осадков, то наблюдательные пункты располагаются по линиям, идущим в направлении среднего уклона местности, и так, чтобы пересечь местные депрессии в рельефе. Пункты располагаются в низших точках де-

прессий и на перевалах между ними. Таким образом закладываются наблюдательные линии, пересекающие например долины рек, начинаясь на перевале и кончаясь в пределах надлуговой террасы.

Данные наблюдений, представленные графиком, сопоставляются с графиком атмосферных осадков.

б) **Изучение влияния поверхностных водотоков.** При изучении влияния поверхностных вод — влияние уровня вод в реке или озере, влияние оросительных вод — линии закладываются от пункта или площади поступления поверхностных вод в направлении к изучаемой площади.

Данные сопоставляются с графиком уровня поверхностных вод (также с графиком хода орошения, если изучается влияние последнего), графиком работы водохранилища и других водоемов.

в) **Изучение взаимной связи грунтовых вод разных горизонтов.** При изучении влияния на уровень грунтовых вод на данной площади подтока других подземных вод предварительно производится разведка для определения характера имеющихся водоносных горизонтов; по данным этой разведки составляется гидрогеологический профиль в направлении уклона местности, и наблюдательные пункты закладываются так, чтобы находиться как на изучаемом водоносном горизонте, так и на тех, которые могут на него влиять.

График уровня вод изучаемого горизонта в этих случаях сопоставляется с графиком уровня того горизонта, который на него может влиять.

2. Изучение режима уровней подземных вод для специальных водохозяйственных целей

Изучение режима вод в связи с задачами водного строительства может быть назначаемо для решения различных вопросов:

1) при осушении;
2) при орошении;
3) при выяснении размеров возможного подпора уровня грунтовых вод;
4) при определении возможного характера использования отдельных площадей под различного рода с.-х. культуры.

а) **Исследования при осушении и орошении.** При проектировании осушительных и оросительных систем основным вопросом является составление карты гидроизогипс, т. е. линий равных уровней подземных вод, приуроченных к моментам наивысшего, наинизшего и среднего положений уровня грунтовых вод. Согласно картам гидроизогипс проводятся работы по опытному определению скоростей движения грунтовых вод. Карта гидроизогипс является основным документом при решении вопроса о питании грунтовых вод.

Наблюдательные пункты при этом распределяются в виде сетки, равномерно покрывающей исследуемый участок. Глубина шурфов определяется тем условием, что они должны быть доведены или до подстилающего водоносный горизонт водонепроницаемого слоя или несколько ниже наинизшего уровня воды. Расстояние между пунктами определяется характером исследуемой площади.

Исследование режима подземных вод связано в данном случае с вопросом о характере механического состава грунтов и о их водных свойствах.

б) **Влияние подпора грунтовых вод сооружениями.** Возможность подпора грунтовых вод до опасного горизонта при устройстве водоподпорных сооружений выясняется работами по наблюдению за уровнем грунтовых вод по

линии, направленной нормально к руслу реки. Наблюдения производятся в период половодья и увязываются с одновременными наблюдениями и за уровнем вод в реке. Наблюдательные линии располагаются по наиболее пониженной части участка.

Расчет кривой депрессии уровня подпертых грунтовых вод, притекающих к водоему, в том случае, когда положение современного их уровня имеет удаленные от водоема точки залегающими выше проектного горизонта подпора вод в водоеме, может быть произведен по уравнению Dupuit для подтока вод к дрене, при увеличении высоты h до проектного горизонта. Данный расчет оправдывается теми соображениями, что приток воды к водоему, после осуществления подпора останется равным прежнему. В простейшем виде, для однородного водоносного горизонта, залегающего на горизонтальном водоупоре, по Dupuit будем иметь:

1) до подпора: $Q = K \frac{y^2 - h^2}{2L}$

2) после подпора: $Q = K \frac{(y+z)^2 - (H)^2}{2L}$.

Отсюда: $y^2 - h^2 = (y+z)^2 - H^2$.

Решая это уравнение относительно z (повышение уровня в пункте, отстоящем от водоема на расстоянии L и имеющем до подпора уровень грунтовых вод над водоупором на высоте y), получим величину искомого подпора при изменении уровня воды в водоеме с горизонта h до горизонта H.

в) **Исследования для с.-х. целей.** При решении вопросов о характере возможного использования тех или иных площадей под с.-х. культуры, когда это связано с вопросом о глубине залегания уровня грунтовых вод, назначается наблюдение за их положением в период вегетации. Наблюдательные пункты распределяются по наиболее характерным точкам рельефа, чтобы уловить наиболее близкое к поверхности положение уровня и наиболее глубокое. Наблюдения связываются с данными механического и химического анализа грунтов, их водных свойств — сопоставляются с данными об атмосферных осадках и о положении уровня поверхностных вод.

3. Производство наблюдений за уровнем подземных вод

Колебания уровня подземных вод можно наблюдать в колодцах, буровых скважинах или шурфах, специально для этого сделанных. Так же как и на водомерных постах, около места наблюдений должен быть установлен прочный репер, связанный с общей сетью нивелировки района. Наблюдения над горизонтом воды производятся реже, чем на водомерных постах, обычно 1—2 раза в неделю, так как изменение уровня воды происходит весьма медленно.

а) **В колодцах уровень воды можно наблюдать с помощью:**

1) р е й к и внутри сруба колодца, при малой его глубине;

2) р у л е т к и с грузом, подвешенным на конце ее, при глубине колодца до 20 м. Момент соприкасания груза с водой можно заметить по кругам, расходящимся по водной поверхности;

3) р у л е т к и с п р у ж и н о й, представляющей обычную рулетку длиной в 20—30 м, к футляру которой приделана обоймица с втулкой, внутри которой помещен стержень на пружине, оканчивающийся кольцом, за которое держится весь прибор. К концу ленты прикрепляют

деревянную дощечку размером 0,25×0,25 м, весом около 1 кг, под действием которого лента разматывается, причем скорость разматывания может быть уменьшена и доведена до нуля винтом.

При опускании прибора пружина вытянута, и ее указатель находится около намеченного деления на втулке; в момент соприкасания с водой дощечка значительно теряет в своем весе, и указатель быстро поднимается. В этом положении и надо делать отсчет по рулетке. Способ этот применяется при очень глубоких колодцах;

4) все приборы, применяемые для буровых скважин, описаны ниже.

б) **В буровых скважинах**, диаметр которых обычно мал (5—20 см), уровень воды не может быть измерен способами, указанными в предыдущем параграфе. Здесь применяют:

1) рейку с поплавком в неглубоких скважинах. В поплавок подсыпается песок для регулирования положения нуля рейки, который должен совпадать с линией погружения поплавка;

2) рулетку или шнур, на конце которых привязывают металлический стержень, зачерченный мелом. Стержень опускается на глубину, бо́льшую ожидаемой, и положение уровня воды определяется линией смыва мела;

3) рулетку Петенкофера, в которой нижние 1—2 м заменены цепочкой с чашечками, располагаемыми через 10, 5 или 2,5 см. При опускании в воду о горизонте последней судят по количеству чашечек, наполненных водой. Горизонт воды находится следовательно между самой верхней из наполненных водой чашечек и самой нижней, еще пустой. Точность определения горизонта воды соответствует расстоянию между чашечками;

4) наиболее точным и практичным способом является рулетка с электрическим замыканием. От груза на конце рулетки идет провод к батарее и электрическому звонку наверху, другой провод представляют обсадные трубы-скважины, также соединяемые со звонком.

Замыкание цепи и сигнальный звонок происходят при соприкосновении груза с водой, для чего боковые стороны груза изолированы, а обнажается лишь нижняя часть его.

В других таких же приборах, применяемых в обыкновенных колодцах, существует заменяющий в цепи обсадные трубы второй провод, идущий от боковой поверхности груза, которая изолирована от его ядра.

Следует во всех этих случаях иметь в виду, что при наблюдении за уровнем воды в буровой скважине всякий раз необходимы проверка состояния скважины и очистка ее от наплывов или же необходимо буровые скважины снабжать соответствующими фильтрами.

в) **Определение положения водоносного горизонта**, его распространения и уклонов делается с помощью буровых скважин и регистрации в них горизонта воды. По вычисленным отметкам горизонта воды проводят горизонтали водной скатерти (гидроизогипсы) и судят об уклонах подземного потока.

Почти таким же образом уклон может быть определен с помощью трех скважин, расположенных в 50—100 м друг от друга и образующих более или менее правильный треугольник.

Если уровень воды во всех трех скважинах имеет одинаковую отметку, водная скатерть горизонтальна и уклона не имеет. Если в двух скважинах уровень находится на одной высоте, а в третьей — на другой, то направление наибольшего ската нормально к линии, соединяющей скважины с одинаковыми отметками уровня воды. Если же (общий случай) горизонты воды находятся на различной высоте, то для нахождения направления наибольшего ската поступают аналогично тому же на земной поверхности. Проводят линии равных горизонтов и нормально к ним — направление наибольшего ската, т. е. направление движения грунтовых вод.

4. Длительность стационарных наблюдений над режимом подземных вод

Для стационарных исследований режима грунтовых вод (§ 12—13) необходим период времени не менее одного гидрологического года (с 1 октября или ноября по 1-е число того же месяца следующего года). В весеннее время перед таянием снега наблюдения при этом учащаются до ежедневных, если перед этим были декадными, и до трех раз в сутки (7 ч., 13 ч. и 19 ч.), если перед этим были суточными.

При стационарных исследованиях режима грунтовых вод на орошаемых массивах время наблюдений определяется вегетационным периодом вообще, с усилением по частоте наблюдений (троекратные в сутки) за время полива.

§ 14. Необходимость изучения путей движения подземных вод

Передвижение подземных вод не всегда совершается одинаково по всему сечению водоносного горизонта, даже в тех случаях, когда он сравнительно однороден по составу и строению. Изгибы пласта, складчатость его, могут служить причиной изменения степени его водоносности в пределах отдельных участков.

Текстурные условия создают наряду с этим различные степени водопроницаемости и различные скорости передвижения воды по отдельным направлениям.

В результате мы можем наблюдать даже в пределах одного водоносного горизонта ряд отдельных потоков, различных не только по скорости своего передвижения, но и по качеству воды.

Условия передвижения воды усложняются в значительной мере, когда толща наносов лишена однородности. Делювиальная толща в горных и предгорных районах как правило представляет собой совершенно неоднородную механическую смесь различной крупности обломков и щебня горных пород и продуктов их распада и выветривания. При наличии крутых уклонов вода прорабатывает в этой массе отдельные ходы, движется сетью подземных потоков (карст в наносе), насыщает собой по пути большие массы делювия, образуя иногда громадные статические запасы вод, создающие своим наличием совершенно ложное представление о водоносности данной площади, ибо основное питание этих вод может происходить по очень ограниченному числу путей и в ограниченное время года. Перехват вод на этих путях может совершенно изменить имевшуюся ранее картину и, дав определенный регулируемый выход этим водам, уничтожить совершенно беспорядочную сеть подземных потоков.

Еще более сложная картина возникает при движении воды по трещинам в горных породах и по карстовым путям в толщах известняков. В последнем случае два рядом расположенных потока могут иметь каждый свое самостоятельное питание при резко различных гидрогеологических условиях.

Скопления масс подземных вод могут служить причиной катастрофических последствий, нарушая устойчивость отдельных массивов горных пород или толщ наносных образований, вызывая оползни, оседания или просто обвалы. Борьба с этими явлениями требует предварительного и тщательного изучения путей передвижения подземных вод и изыскания пунктов наиболее целесообразного расположения захватных сооружений.

Но и в более простой обстановке исследование путей передвижения подземных вод имеет свое место. Обеспечение каптажных сооружений водопровода от подтока к ним негодных или вредных вод вызывает необходимость тех же исследований. Разрешение задач осушения местности также требует этих исследований. Наконец в периоде эксплоатации гидротехнических сооружений нередко ставится задача определения путей фильтрации и потери вод.

1. Общие способы изучения путей передвижения подземных вод

Исследование путей передвижения подземных вод не представляет собой шаблонной задачи, выполняемой по определенному стандартному плану. Разрешению этой задачи предшествует создание определенной гипотезы, основанной на точном представлении как о составе и геологическом строении местности, так и об основных чертах ее геоморфологии.

Вторым этапом будут проверка и уточнение гипотезы, достигаемые путем разведки и опытных работ. Следовательно, в основе разрешения задачи лежат гидрогеологическая съемка и изучение геоморфологии района. Если разрешается вопрос о путях фильтрации на месте гидротехнических сооружений, в основу разрешения вопроса полагается проектный материал и не только в его гидрогеологической части, но обязательно также и детальные чертежи сооружений. Отсутствие каких-либо материалов здесь потребует производства соответствующих исследовательских работ.

Данные гидрогеологической съемки дают общее представление о характере и распределении подземных вод. При этом характер имеющихся вод может быть или резко различным по степени минерализации, по температуре или вообще по какому-либо признаку (физическому или химическому) или же, наоборот, однообразным, не позволяющим выделить основные признаки. Совокупность всех данных и геоморфологические черты местности позволяют оформить представление о направлении и характере путей передвижения вод. Дальнейшая задача гидрогеологии будет состоять в документации созданной гипотезы разведочными работами по линиям предполагаемого движения потока (шурфы и буровые скважины).

Если характер вод допускает выделение в нем определенных признаков для каждого потока, то при разведке путем анализа вод по этим признакам устанавливается принадлежность обнаруженных вод к определенному потоку.

2. Опытные работы

При однообразном характере вод и при отсутствии специфических признаков производятся опытные работы, позволяющие установить наличие, или отсутствие связи между двумя пунктами потока. Опыты состоят в введении в подземный поток в вышележащем пункте (по линии движения потока) какого-либо красящего вещества и в установлении через некоторое время наличия того же вещества в нижележащем пункте. Вместо красящего вещества может быть применен какой-либо индикатор ($NaCl$, NH_4Cl, KOH и т. п.), вводимый в растворенном виде в вышележащий пункт. В нижележащем пункте наличие того же индикатора определяется анализом воды. Связав таким путем два соседних пункта, переносят опыт на два последующих, т. е. после опыта с 1-м и 2-м пунктами, повторяют его со 2-м и 3-м и т. д.

При этом необходимо соблюдать ряд правил:

а) Необходимо убедиться, что исследуемые пункты не находятся в зоне застоя воды. Застойные воды обладают повышенной минерализацией, введенный раствор индикатора расходится крайне медленно. При откачке нередко наблюдается изменчивость химического состава воды и температуры воды.

б) Перед взятием пробы из нижележащего пункта необходимо предварительно делать откачку, чтобы тем самым вызвать подток воды, так как выбранный пункт может не находиться на главной линии тока воды.

в) Необходимо предварительно по характеру водоносной среды сделать расчет возможной скорости передвижения воды, чтобы иметь представление о том, через сколько времени индикатор может появиться в нижележащем пункте.

г) Пробы брать возможно чаще и не только в нижележащем пункте, но и в верхнем, чтобы судить о скорости ослабления в нем раствора.

д) Наблюдательные пункты располагать ближе друг к другу и никак не далее 100 м друг от друга. Большую помощь при выборе пунктов окажут данные наблюдений за уровнем воды (§ 13, п. 3)

Следует при этом иметь в виду:

а) если на пути движения воды могут встречаться очаги статических запасов воды, то применение индикатора может не дать желаемого результата, ибо индикатор может быть целиком задержан в таком очаге;

2) применение солей железа не может быть рекомендовано для вод, содержащих углекислоту (в свободном и связанном виде);

3) применение красящих веществ, растворение которых требует прибавки щелочи, не может быть рекомендовано для вод, содержащих большое количество углекислоты, или же в этом случае необходимо применять избыток щелочи.

Дальнейшие указания по производству опытных работ изложены в § 16, 17.

§ 15. Определение запасов подземных вод

Запасы подземных вод следует различать динамические, статические и мертвые.

1. **Динамический запас подземной воды** есть тот запас, который постоянно возобновляется благодаря постоянному подтоку воды. При скорости движения потока V, порозности среды p и площади поперечного сечения F динамический запас составляет расход потока:

$$Q = V \cdot p \cdot F; \qquad (1)$$

Так как количество воды, проносимое подземным потоком, зависит от ряда других условий и колеблется по отдельным периодам года, а величина годового расхода колеблется в течение ряда лет, то отсюда следует различать, как и для расходов поверхностных потоков, минимальные и максимальные, средние за определенный период лет (месячные, годовые) и средние многолетние (месячные, годовые) расходы воды.

2. **Статические запасы** представляют собой случайные скопления подземных вод на пути потока, когда водоносная среда не обладает правильным пластовым характером, а заполняет собой и перекрывает древний рельеф, создающий благоприятные условия для подземных подпруд потока и для скопления воды во впадинах этого рельефа. Такого рода скопления воды при

создании искусственных выходов могут дать временный громадный расход, в сотни и тысячи раз превышающий динамический расход потока за определенный период времени, причем после выпуска этого запаса расход подземного потока принимает свойственную ему величину динамического расхода. Следовательно такого рода запасы могут рассматриваться как аккумулятивные за определенный промежуток времени и при наличии благоприятных условий могут использоваться как подземные водохранилища с периодически расходуемым и возобновляемым запасом.

3. **«Мертвые» запасы, иначе «погребенные»** запасы, представляют собой подземные скопления вод, не принадлежащие к системе подземных потоков, разобщенные от них и не возобновляемые. Мертвый запас, будучи израсходован, не возобновляется. При откачке воды из мертвого очага подземных вод уровень воды в колодце или в буровой скважине не может восстановиться до прежнего горизонта и при длительной откачке систематически падает. Зависимость между падением уровня и расхода дадут материалы к расчету величины имеющегося мертвого запаса.

Таким образом динамический запас подземных вод есть запас, постоянно возобновляемый потоком и представляющий собой постоянный расход потока. Статический запас есть запас, периодически восстанавливаемый потоком и соответствующий определенному статическому уровню подземных вод. Мертвый запас есть запас не возобновляющийся.

Водоснабжение может быть рассчитано только, исходя из размеров динамического запаса подземных вод.

Статические запасы ликвидируются при осушительных работах, при противооползневых работах и могут быть использованы при орошении в условиях существующих устройств для периодического выпуска их или могут быть в этих же целях специально создаваемы.

Мертвые запасы вскрываются обычно на больших глубинах буровыми скважинами и могут служить причиной больших недоразумений при организации водоснабжения.

4. **Расчет запасов подземных вод** может производиться на основании детального изучения водоносного горизонта с составлением карты рельефа подстилающего водонепроницаемого слоя и карты гидроизогипс. Для свободных (безнапорных) вод эти карты дают полное представление о местах расположения статических запасов воды. Опытные работы по изучению скорости движения потока (см. § 16) дают все необходимые цифровые величины для расчета динамического запаса и для определения размеров статических запасов. Изучение режима уровней вод (§13, 14) дает материал для исчисления месячных и годовых расходов потока, что и полагается в основу расчетов водоснабжения.

Для вод артезианских и вообще межпластовых, не имеющих свободного уровня, расчет динамического расхода определяется по данным опытных наблюдений за фактической скоростью движения воды и определений живого сечения потока. Динамический запас потока целесообразнее относить к определенной точке его использования, понимая под этим термином тот расход, который в этой точке может быть получен без влияния на соседние пункты его использования. Таким путем, при наличии нескольких артезианских скважин, мы можем опытным путем установить максимальные расходы этих скважин без влияния их друг на друга и тем самым определить динамические запасы, соответствующие сфере влияния каждой скважины и получаемые в их точках.

При расчете запасов подземных вод должны быть учтены также условия питания подземных вод. Грунтовые воды, т. е. воды, залегающие выше среднего уровня местной базы эрозии, питаются главным образом за счет атмосферных осадков, и потому их динамический запас находится в зависимости от количества последних. Тем не менее расчет запасов этих вод, исходя из данных о количестве атмосферных осадков, слишком проблематичен, так как для этого необходимо знать коэфициент инфильтрации осадков на всей поверхности питания и состояние влажности грунта выше зеркала грунтовых вод в период выпада осадков. Получение этих данных сопряжено с большими и длительными работами, и потому такой метод рекомендован быть не может. Еще менее приложим этот метод для подсчета динамического запаса артезианских вод, так как последние расходуются по пути своего движения к исследуемой местности, и этот расход едва ли вообще возможно учесть. Поэтому, как для артезианских, так и для грунтовых вод целесообразно динамические запасы их условно принимать для пункта использования, с определенной сферой его воздействия на соседние пункты.

5. **Опытные откачки.** При расчете водоснабжения исходными данными являются материалы опытных работ по откачкам. Максимальный расход колодца достигается при понижении уровня воды в нем на величину, не превышающую 0,5 H, где H — мощность водоносного горизонта (для безнапорных вод). Специальными наблюдениями устанавливается при этом сфера или радиус влияния колодца (R) при длительных откачках максимального количества воды. Полученный расход Q будет таким образом максимальным при условии, что на площади в сфере его влияния (диаметром 2 R) не будет добавочного использования воды. Этим и определяется динамический запас на площади $\pi . R^2$

Если получаемый расход Q является недостаточным, то ставится групповая установка колодцев. Проф. Ф о р х г е й м е р о м дано основное уравнение для выражения действия групповой установки колодцев:

$$Q = \frac{\pi \cdot K(H^2 - y^2)}{ln\, R - ln \sqrt[n]{x_1 x_2 - \ldots x_n}}, \qquad (2)$$

где Q — общий расход из всех колодцев, причем в каждом он равен

$$\frac{Q}{n};$$

K—коэфициент фильтрации; H— высота грунтовой воды над подошвой водоносного горизонта (при условии ее горизонтальности и при свободном уровне грунтовых вод); y — высота уровня воды при откачке в центре тяжести фигуры площади, ограниченной линиями, соединяющими точки расположения колодцев; $x_1 . . . x_n$ — расстояния точек расположения колодцев от центра тяжести фигуры ограниченной ими площади; R — сфера влияния групповой установки; ln — обозначает натуральный логарифм.

При круговом расположении колодцев с центральным колодцем в центре круга вышеприведенное уравнение примет вид:

$$Q = \frac{\pi \cdot K \cdot (H^2 - y^2)}{ln\,(R/x_0)}, \qquad (3)$$

где x_0 — радиус установки.

Сфера влияния групповой установки R, проверенная опытным путем, укажет размер той площади, для которой динамический запас (при максимальной величине Q) будет равен Q. Действительность расчета будет иметь место только в том случае, когда в пределах этой площади не будет происходить иного расхода подземных вод.

В приморских районах нередко наблюдаются случаи, когда пресные воды подпираются морскими, причем уровень пресных вод лежит выше уровня моря (благодаря разности удельного веса пресной и морской воды). В этих случаях подсчет возможного к использованию запаса пресных вод должен быть рассчитан на такую величину погружения эксплоатационных колодцев, чтобы не было подтока соленых вод, т. е. расчет должен покоиться на теории так называемых несовершенных колодцев Форхгеймера *.

ГЛАВА VI

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

§ 16. Определение истинного (фактического) коэфициента фильтрации

1. Фактический (истинный) и фиктивный (кажущийся) коэфициент фильтрации

Расход грунтового водного потока равен произведению площади его живого сечения на скорость движения $Q=V\cdot F_0$, причем площадь живого сечения составляет часть всего сечения грунтового потока:

$$F_0 = p \cdot F,$$

где

$$p = \frac{F_0}{F},$$

составляет порозность ** среды водоносного горизонта. Таким образом

$$Q = Vp \cdot F. \qquad (1)$$

Так как скорость движения потока пропорциональна его уклону, т. е.

$$V = V_0 I, \text{ то } Q = V_0 I \cdot p \cdot F. \text{ Здесь } V_0 I = V \text{—есть} \qquad (2)$$

фактическая скорость при данном уклоне I, а V_0— есть скорость того же потока, но при уклоне $I=1$, и называется фактическим коэфициентом фильтрации; последний обозначается через K_0.
Отсюда

$$Q = V_0 I \cdot p \cdot F = K_0 pIF. \qquad (3)$$

Выражение $K_0 p = K$ называется фиктивным (кажущимся) коэфициентом фильтрации при $I=1$.

Расход потока равен произведению фиктивного коэфициента фильтрации на уклон и на полную площадь сечения потока. Если расход относится не ко всей площади сечения, а к единице сечения, то $q=K.i$. В этом случае K называется также «модулем расхода». Отсюда «модулем расхода» подземного потока называется его расход на единицу площади поперечного сечения при уклоне потока, равном единице и в единицу времени.

* По этому вопросу см. также доклад В. А. Палецкого на I Всесоюзном Гидрогеологическом съезде в 1931 г. на тему «Условия равновесия соленых и пресных вод в песчаных образованиях Ср. Азии».

** Порозность среды в отношении фильтрации меньше порозности, определяемой из соотношения объемного и удельного веса среды.

Таким образом коэфициент фильтрации имеет двоякое обозначение: 1) K_0 — фактический коэфициент фильтрации, иначе фактическая средняя скорость движения воды в порах среды водоносного пласта при I, равном 1;
2) K — есть фиктивный коэфициент фильтрации или фиктивная средняя скорость движения воды при I, равном 1, получаемая как

$$K = \frac{Q}{F.I}$$

Скорость потока определяется в линейных мерах, отнесенных к единице времени. Модуль расхода определяется в кубических мерах, отнесенных также к единице времени. Единицей меры считается обычно метр, единицей времени — или секунда или сутки.

В формулах расхода воды обычно входит K, ибо введение K_0 требует параллельного введения, а следовательно и определения величины порозности среды, что для практических целей не является необходимым.

Определение K_0 возможно только методами, допускающими определение фактической скорости водного потока: 1) колориметрическим, с введением в поток окрашивающих веществ, 2) электролитическим, определяющим изменение электропроводности воды при введении в нее тех или иных солей, и 3) химическим, с введением в поток растворов солей, присутствие которых легко определяется химическим анализом.

Определение K проводится: 1) путем непосредственного наблюдения за скоростью просачивания воды в грунт (так называемый метод Болдырева* и метод Вайполина); 2) посредством откачки воды из опытных скважин (способ Lummerta, способ Thiema, способ «удельного дебита»); 3) посредством нагнетания воды в скважину; 4) лабораторным методом и 5) теоретическим методом, исчисляя возможную скорость движения грунтового потока по данным механического анализа водоносной среды.

2. Колориметрический метод

Колориметрический метод определения K_0 основан на определении скорости продвижения в водоносном горизонте окрашивающих воду веществ. Для данной цели закладывается по линии падения (§ 13, 3), гидроизогипс два шурфа или две скважины на некотором расстоянии L друг от друга. Зная разность уровней воды в обоих пунктах (h) и время прохождения краски (t), определяют величину K_0 по формуле:

$$K_0 \frac{h}{L} = K_0 I = \frac{L}{t} \qquad (4)$$

или

$$K_0 = \frac{L^2}{ht} \qquad (5)$$

Величина L берется тем менее, чем менее ожидаемая скорость потока и обычно не более 10 м.

Краски в растворенном виде вводятся в поток в верхнем по течению пункте. В нижележащем пункте определяется момент ее поступления или время прохождения устойчивого по интенсивности окрашивания. По первому получается преувеличенная скорость, по второму близкая к действительной величине.

Таким образом, если отсчет по часам в момент введения краски был t_1, момент первого появления краски t_2 и момент исчезновения краски t_3, то время прохождения будет равно $\frac{t_3+t_2}{2} - t_1$.

* Тихомиров, Н. К. «Определение направлений и скоростей движения подземных вод в различных породах». (Изд. ГГРУ. 1931).

Употребляемые краски:

1) для щелочных вод — флюоресцеин, флюорантрон *, получаемый как отходный продукт при выработке виолантрона; эритрозин, эозин, красная конго;

2) для кислых вод — метиленовая синька, синяя анилиновая, понсо красная 2 *R*;

3) для вод нейтральной реакции возможно применение всех указанных красок, но с соответствующей добавкой щелочи или кислоты (как для щелочных или для кислых вод).

Согласно опытам лаборатории ОИИВХ Средней Азии продвижение красочного раствора происходит несколько неодинаково с действительным движением воды. Данный метод требует для своего применения практической проработки вопроса о влиянии диффузии при разной концентрации раствора на скорость опережения раствором фактической скорости потока.

Н. К. Тихомиров рекомендует при определении требуемого для опыта количества краски руководствоваться ориентировочно следующей таблицей.

Название краски	Количество краски в граммах сухой навески на каждые 10 м длины пути (*Z*) для пород:			
	глинистые	песчаные	трещиноватые	закарстованные
	от—до	от—до	от—до	от—до
Флюоресцеин	5—20	2—10	2—20	2—10
Флюорантон	5—20	2—10	2—20	2—10
Эозин	5—20	2—10	2—20	2—10
Эритрозин	10—40	10—30	10—40	10—40
Красная конго	20—80	20—60	20—80	20—80
Метиленовая синь	20—80	20—60	20—80	20—80
Анилиновая голубая	20—80	20—60	20—80	20—80
Понсо красная 2 *R*	10—40	10—30	10—40	10—40

Главные требования, которые необходимо предъявлять при выборе веществ, служащих «индикаторами движения», сводятся к следующему:

1) они должны входить в водоносный пласт и двигаться в нем с той же скоростью, с какой движется и вода;

2) они должны быть легко и быстро обнаруживаемы в образцах;

3) они не должны разлагаться или вообще приходить во взаимодействие с теми веществами, которые содержатся в воде или в водоносной породе;

4) они должны быть безвредны.

Выбор красок определяется в значительной мере характером водоносных пород: большинство красок в глинистых породах резко изменяет интенсивность окраски или обесцвечивается совершенно. Наиболее стойкой из них является флюоресцеин; он обесцвечивается только в присутствии большого количества органических кислот (в торфяных грунтах) *. Флюоресцеин полнее других удовлетворяет и первое требование к индикаторам, т. е. он наиболее инертен, тогда как прочие краски иногда очень значительно опережают подземный поток и дают искажение скорости до 30%. Флюоресцеин

* Слихтер. Можно получать в Центральной научно-опытной лаборатории Анилтреста, Москва, Б. Садовая, 11.

представляет собой розовый или красный порошок, очень трудно растворяющийся в воде. Поэтому его сначала растворяют в любой щелочи (едкая щелочь, нашатырный спирт, мыльный раствор и др.) или в спирте и потом уже вливают в воду; в отраженном свете флюоресцеин имеет характерный зеленый цвет.

3. Электролитический метод Слихтера (Slichter)

Основан на увеличении электропроводности воды, когда в нее вводится какая-либо соль; обычно употребляется хлористый аммоний NH_4Cl. Последний в сухом виде в количестве 1—2—3 кг в металлическом мешке продолговатой формы вводится в загрузочную скважину в один или несколько приемов. Оборудование загрузочной и улавливающих скважин состоит из обычных обсадных труб диаметром 6—8 см, переходящих ниже горизонта воды в дырчатые фильтры, покрытые снаружи мелкой (0,5—1 мм) сеткой. Длина фильтров 2 м. Внутрь улавливающих скважин опускаются медные или латунные (до 0,3—0,5 см) стержни, изолированные пробками от обсадных труб. Электрическая цепь составляется следующим образом (рис. 9):

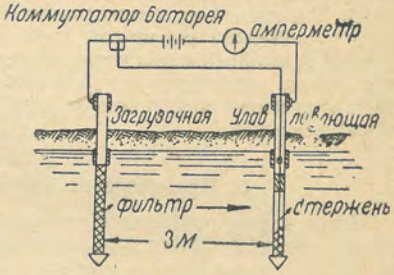


Рис. 9.

1) обсадная труба улавливающей скважины — амперметр — батарея элементов — стержень; движение подземной воды обнаружится резким повышением силы тока в то время, когда электролит достигнет улавливающей скважины (пунктир, рис. 10);

2) обсадная труба улавливающей скважины — амперметр — батарея элементов, обсадная труба загрузочной скважины — электрод улавливающей скважины; при такой цепи постепенное движение воды от одной скважины к другой можно видеть по движению стрелки амперметра, а окончательный приход раствора электролита к нижней скважине отмечается по резкому повышению силы тока (сплошная кривая, рис. 10).

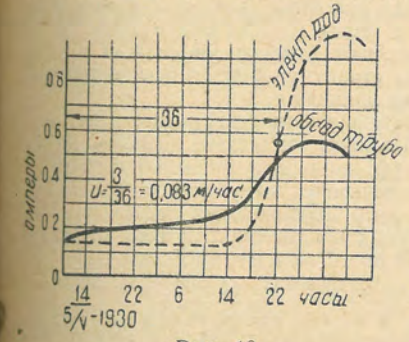


Рис. 10.

При наличии обеих кривых процесс прохождения раствора становится наиболее наглядным, так что указанные переключения обязательны. Аналогичные операции проделываются при наличии нескольких улавливающих пунктов с каждой парой, например I—II, I—III и I—IV.

Амперметры, которыми пользуются при опытах, или обычные, требующие постоянного присутствия наблюдателя для замыкания цепи, или самопишущие, т.е. соединенные с коммутаторными часами.

При пользовании простым амперметром (с чувствительностью на 5—10 ампер) берут батарейки сухих элементов.

Применение данного метода возможно только в том случае, если водоносный горизонт содержит неминерализованную воду (пресную)*.

4. Химический метод

Химический метод аналогичен колориметрическому методу с той разницей, что вместо краски в верхнюю скважину вводится раствор хлористой соли (натрия или аммония). В нижнем пункте путем последовательного отобрания проб воды и анализа их определяется момент появления раствора и длительность его прохождения. По среднему моменту прохождения устойчивого раствора определяется момент достижения раствором данного пункта. Картина переноса раствора течением потока значительно затемняется диффузией, зависящей от концентрации раствора, от температуры воды, имеющихся прослойков различной крупности зерна и ряда других факторов. Поэтому указанный метод чаще применяется только как показатель наличия связи между наблюдаемыми пунктами. Вместо указанных хлористых солей можно применять каустическую соду или другие безвредные (в слабом растворе) вещества.

5. Производство работ по определению K_0

Общая схема постановки наблюдений над скоростями движения подземного потока сводится к улавливанию вводимых в поток различного типа индикаторов в шурфах или буровых скважинах, располагаемых по направлению ниже пункта загрузки.

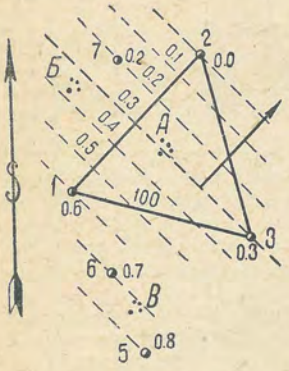


Рис. 11.

Для установления направления грунтовых вод разбивают сеть шурфов или, если грунтовые воды залегают на большой глубине (более 7—10 м) от поверхности, сеть буровых скважин (диаметром от 50 до 100 мм). Основные три пункта—1, 2, 3, — которыми определится положение зеркала грунтовой воды, располагаются в вершинах по возможности равностороннего треугольника (§ 13, п. 3).

Принимая условную отметку у самого низкого уровня воды в шурфе или скважине за нуль, вычисляют отметки уровней в других скважинах, строят гидроизогипсы и находят направление движения.

Наблюдательный пункт *А* располагают внутри треугольника; он состоит из загрузочного пункта (шурф, скважина) и обычно трех улавливающих, располагаемых ниже по течению загрузочного (рис. 11).

В породах легко водопроницаемых — крупнозернистых песках, гравии, галечниках — целесообразно закладывать улавливающие пункты от загрузочного на расстоянии от 3 до 5, иногда до 7 м; в породах, медленно проводящих воду — мелкозернистых песках, супесях, суглинках, лессе, —

* Слихтер. «Подземные воды». Перев. А. Д. Стопневича. Д. Ф. Силантьев. «Опытное определение коэфициента фильтрации для грунта у Чирчикского барража»; «Вестник ирригации», № 8, 1925.
А. Нифантов и Г. Каменский. «Гидрогеологические исследования при устройстве водоподпорных сооружений». 1929.
Г. Архангельский, Е. Замарин и М. Решеткин. «Полевые исследования водоотдачи грунтов». 1932.

расстояние сокращают до 0,75—1,5 м при условии, что породы эти достаточно устойчивы, т. е., что между наблюдательными пунктами остается совершенно ненарушенным целик породы указанных (0,75—1,5 м) размеров.

В группе самих улавливающих пунктов, которые располагаются обычно веером по отношению к загрузочному (рис. 12), на указанных выше радиусах, расстояния между ними берутся от 0,5 до 0,75 м в мелкозернистых породах и 1—1,5 м в крупных песках и галечниках.

При больших глубинах залегания подземной воды от поверхности — более 10—15 м останавливаются на буровых скважинах. Диаметр последних в 100—150 мм. Они закрепляются обсадными трубами, а ниже горизонта воды опускается сетчатый фильтр в 1—2 м длиной.

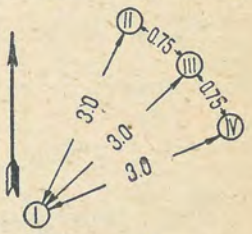


Рис. 12.

При небольшой глубине залегания горизонта подземной воды, особенно в пределах 2—5 м, с одинаковым успехом можно использовать и шурфы и буровые скважины.

Преимущества шурфов перед скважинами заключаются в возможности более подробного ознакомления с водонасыщенными породами, удобством и большей точностью взятия образцов породы и воды для анализов и меньшим влиянием вводимых масс индикаторов на изменение уровня воды. Скважины благодаря меньшему объему воды в них более точно отмечают момент появления индикатора (краски, соли и т. п.).

Получаемые описанными приемами скорости движения подземной воды носят узко местный характер и лишь с рядом оговорок могут служить для характеристики водопроводимости грунта на значительных по площади участках.

Конкретная величина, получаемая во время опытов, — скорость движения воды в порах грунта — носит в большинстве случаев случайный характер и обусловлена наличием больших пор и ходов, по которым и проносятся первые порции красящих или химических веществ, которые не позволяют отмечать прихода массы воды, движущейся по всему сечению между наблюдательными пунктами.

Указанное подтверждается тем, что после прихода первых порций краски или солей масса их долго не уменьшается, и это возможно объяснить таким образом, что большие ходы, пронесшие попавшую в них краску, затем начинают высасывать ее из мелкопористых участков, где продвижение ее совершается гораздо медленнее.

Наконец, активность самых веществ, играющих роль «индикаторов движения» в отношении диффузии делает получаемые величины еще более неопределенными.

§ 17. Определение фиктивного (кажущегося) коэфициента фильтрации *K* в полевых условиях

1. Выбор участка

Участок для откачки следует выбирать наиболее характерный по своим свойствам для всего обследованного района, в случаях резких различий в свойствах грунтов района следует заложить несколько опытных участков, освещающих характер отдельных частей района. В центре выбранного под опыт участка с более или менее плавными гидроизогипсами заклады-

вается центральный шурф, из которого должна производиться откачка; по двум перпендикулярным створам, проходящим через центральный шурф, закладываются наблюдательные шурфы, заглубленные в грунтовый поток настолько, чтобы обеспечить наблюдение по ним за уровнем грунтовой воды во время откачки. Расстояния между ними следует постепенно увеличивать, начиная от центрального шурфа, причем первый шурф, ближайший к центральному, следует закладывать по возможности ближе к нему.

Так как трудно наперед предвидеть радиус влияния колодца, то часто при откачке приходится закладывать еще шурфы по концам створов по мере продвижения радиуса влияния колодца. Примерно можно считать необходимым заложить по 4—6 шурфов в каждом створе на расстоянии от центрального до 75—150 м в зависимости от намеченного понижения уровня в центральном шурфе и свойств грунта: чем больше понижение и чем более водопроницаем грунт, тем дальше закладываются шурфы.

2. Откачка из полного (совершенного) колодца

Перед приступом к откачке необходимо убедиться в исправном действии всего оборудования (мотора, насоса водомерных реек, отводного лотка, водомеров и пр.), в достаточном запасе горючего, смазочного, в точном знании своих обязанностей исполнителей.

Отметив в журнале откачки время и горизонты во всех шурфах, начинают откачку, включив в действие насос; регулируя работу насоса, следует добиться относительного постоянства пониженного уровня воды в шурфе при постоянном расходе.

Все сопутствующие откачке явления отмечаются в журнале и по возможности количественно оцениваются; сюда относятся, например, вынос в центральный (и в другие) шурф мелких фракций грунта: вынос их насосом, измерение их дебита (так называемый твердый расход) и механического состава, состояние устойчивости стенок и крепления шурфа, температуры воды в центральном шурфе.

Постоянство пониженного уровня в центральном шурфе и дебита откачки, наблюдаемое в течение 10—12 часов (т. е. примерно при пятикратных записях наблюдений), укажет на конец работы по первому понижению уровня грунтовых вод.

После фиксации первого понижения уровня в центральном шурфе, не делая перерыва в работе насоса, усиливают дебит откачки и подобно описанному ведут работу по установлению второго пониженного горизонта в центральном шурфе, при том же порядке ведения записей наблюдений. Аналогичным образом работа продолжается от второго к третьему понижению и т. д., фиксировав записями наблюдений последнее понижение уровня, прекращают откачку; далее периодические наблюдения за восстановлением уровней во всех шурфах ведут до тех пор, пока они не достигнут первоначальных не пониженных (или отличающихся от них на 1—2 см) уровней.

Для более точного определения фильтрационных свойств грунтов необходимо произвести не менее трех откачек из шурфа для разных понижений уровня.

По результатам откачки из полного колодца коэфициент фильтрации находится из формулы Дюпюи (§ 4):

$$K = 0{,}73 \frac{Q \lg \frac{R}{r}}{(H^2 - h^2)} \qquad (6)$$

где Q — расход воды (дебит при откачке из колодца); H — глубина водоносного слоя грунта, считая от естественного уровня грунтовых вод дна колодца (т. е. до подстилающего водонепроницаемого слоя грунта); h — глубина воды в колодце; r — радиус колодца; R — радиус влияния колодца.

Когда при откачке имеется одна наблюдательная скважина, то расчет производится по формуле:

$$K = 0{,}73 \frac{(lg \cdot x - lg \cdot r)}{y^2 - h^2} Q$$

Здесь y — высота уровня воды в наблюдательной скважине, x — расстояние до этой скважины.

При двух наблюдательных скважинах:

$$K = 0{,}73 \frac{(lg\, x_2 - lg x_1)\, Q}{y_2^2 - y_1^2}$$

В тех случаях, когда шурфы имеют не круговую форму, а квадратную (обычная для практики), или прямоугольную, радиус колодца вычисляется из условий равенства площади горизонтального сечения шурфа площади круга.

3. Откачка из неполных (несовершенных) колодцев (см. рис. 13—14)

Организация откачки и наблюдения, связанные с ней, те же, что и при полном колодце. Картина движения воды к колодцу здесь существенно отличается от предыдущей — колодец питается водой не только из того слоя грунта, который лежит кверху от его дна, но в питании его участвуют слои грун-

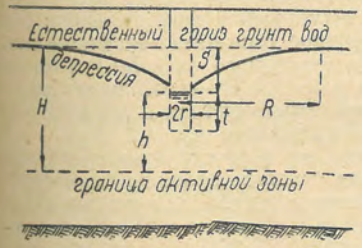


Рис. 13.

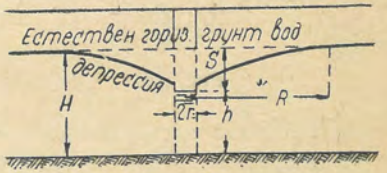


Рис. 14.

та, лежащие и ниже дна. Самый нижний слой грунта, который еще питает колодец, будет являться нижней границей так называемой активной зоны грунта.

Для определения глубины залегания активной зоны грунта проф. Ф. Форхгеймером предложено два сложного вида уравнения, совместное решение которых (по способу подбора) и укажет ее глубину. Дебит такого колодца Q находится из уравнения:

$$Q = 1{,}36 \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r}} K \sqrt[4]{\frac{2h - t}{h}} \sqrt{\frac{t + 0{,}5r}{h}}$$

где K — коэфициент фильтрации грунта; H — глубина активной зоны грунта; h — расстояние от подошвы активной зоны до уровня воды в колодце;

t — глубина воды в колодце; r — его радиус; R — радиус влияния колодца. Решая указанное уравнение относительно K, будем иметь:

$$K=\frac{Q(lgR-lgr)}{1{,}36(H^2-h^2)}\sqrt[4]{\frac{h}{2h-t}}\sqrt{\frac{h}{t+0{,}5r}}$$

При измерении H, h, R, r и t в метрах, расхода Q в литрах в секунду коэфициент фильтрации выражается в миллиметрах в секунду.

Приближенно глубину активной зоны H можно брать из следующих соотношений понижений уровня S к глубине колодца L (считая L от непонижен-ного уровня грунтовых вод до его дна):

при $S=0{,}2\,L$ $H=1{,}3\,L$ 1,3 $(s+t)$
$S=0{,}3\,L$ $H=1{,}6\,L$
$S=0{,}5\,L$ $H=1{,}7\,L$
$S=0{,}8\,L$ $H=1{,}85L$

в пределе при приближении S к L глубина H стремится к $2L$.

4. Откачка из колодца, питающегося через дно

Для дебита колодца, питающегося через дно, проф. Ф. Форхгеймером дана формула для того случая, когда скважина, проходя через верхний водонепроницаемый слой грунта, опущена до его подошвы.

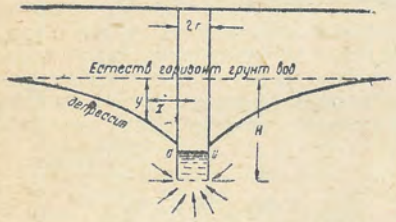


Рис. 15.

$$Q=2dSK \qquad (8)$$

где Q — дебит в литрах в секунду; d — диаметр скважины в метрах; S — понижение горизонта в скважине против естественного уровня грунтовой воды в метрах; K — коэфициент фильтрации в миллиметрах в секунду. Отсюда определяем K.

Эту же формулу применяют, что нельзя признать правильным, и тогда, когда верхний непроницаемый слой отсутствует, т. е. когда скважина вся располагается в проницаемом слое (рис. 15). Оборудование и ведение наблюдений откачки подобны предыдущим случаям.

Ввиду того что такое расширенное применение формулы (8) не совсем верно в рассматриваемом случае, особенное внимание должно быть обращено на наблюдение за кривой депрессии для того, чтобы в будущем, накапливая материал по откачкам, можно было оценить степень неточности расширенного толкования формулы (8).

Вследствие выноса мелких частиц грунта со дна скважины производительность колодца меняется при одном и том же понижении; так если в результате выноса грунт у дна примет примерно полушаровое залегание, то дебит скважины увеличится до

$$Q=\pi dSK \qquad (9)$$

Устройство сетчатого фильтра на дне скважины может иметь обратные последствия: фильтр, забиваясь мелкими частицами грунта, снижает дебит скважины; лучше дно скважины укреплять насыпкой смеси песка с мелким гравием (так называемый обратный фильтр).

5. Определение K для гравелистых грунтов, не загрязненных примесями глины и песка

Определение K для гравелистых грунтов делается по формуле Смрекера. Формула Смрекера для притока воды в колодец имеет вид:

$$Q=2\pi\cdot x\cdot y\left(\frac{i}{C}\right)^{\frac{1}{m}} \qquad (10)$$

Здесь x — расстояние до контрольной скважины, y — высота уровня воды в наблюдательной скважине над водоупорным слоем. Пользуясь данными откачек, определяют коэфициенты m и C. Коэфициент m определяется графически, исходя из формулы:

$$\left(\frac{q_1}{q_2}\right)^m=\frac{H^{m+1}-y_1^{m+1}}{H^{m+1}-y_2^{m+1}} \qquad (11)$$

Приравнивая выражение $\left(\frac{q_1}{q_2}\right)^m$ величине a, а выражение $\frac{H^{m+1}-y_1^{m+1}}{H^{m+1}-y_2^{m+1}}$ величине b и, придавая ряд значений показателя m от 1 до 2, находим значения a и b. Построив график зависимости a от m и на том же графике аналогичную кривую для b, будем иметь на пересечении обеих $a=b$ и соответственно этому значение m, удовлетворяющее приведенному выше уравнению.

Получив значение m, находят значение C — по формуле:

$$C=\frac{m-1}{m+1}\,(2\pi)^m\frac{H^{m+1}-y^{m+1}}{q^m}X^{m-1} \qquad (12)$$

По найденным значениям m и C, определяют значение K по формуле:

$$K=\frac{1}{\sqrt[m]{C}} \qquad (13)$$

6. Откачка из артезианских колодцев

Пусть имеется следующее залегание пластов: I—I—пласт, может быть проницаем или непроницаем для воды; II—II—пласт водоупорный, под которым залегают III—III—пласт водоносный, свойства которого подлежат исследованию, он лежит на IV—IV пласте — водоупорном (рис. 16).

Производство откачки и наблюдений, связанных с ней, то же, что и в предыдущих случаях, здесь смотровые скважины все делаются глубокими, по возможности до водонепроницаемого IV—IV слоя. Колодец питается через стенки и дно его доходит до нижнего подстилающего водонепроницаемого слоя. Для коэфициента фильтрации для одиночного колодца Дюпюи дает следующую формулу:

$$K=\frac{Q\log\frac{R}{r}}{2{,}73\;t\,s} \qquad (14)$$

где K — коэфициент фильтрации в миллиметрах в секунду; Q — дебит колодца в литрах в секунду; R — радиус влияния колодца; r — радиус колодца; t — мощность водоносного пласта в метрах; s — понижение уровня воды

в колодце в метрах против естественного уровня грунтовых вод. При наличии одной наблюдательной скважины k определяется по формуле:

$$K = \frac{Q(lg \cdot x - lgr)}{2{,}73\ t \cdot (y - h)} \qquad (15)$$

Здесь $(y_1 - h)$ есть понижение уровня в наблюдательной скважине, x — расстояние этой скважины от главной.

При двух наблюдательных скважинах:

$$K = \frac{Q}{2{,}73} \cdot \frac{lg\, x_2 - lg x_1}{t(S_1 - S_2)} \qquad (16)$$

Здесь S_1 и S_2 понижение уровня в наблюдательных скважинах, отстоящих от главной на расстоянии x_1 и x_2.

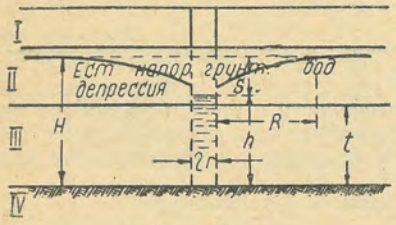


Рис. 16.

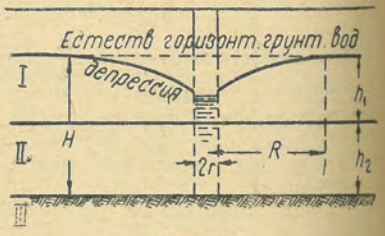


Рис. 17.

7. Откачка из колодца, проходящего через пласты грунта различной водоотдачи *

Если необходимо исследовать коэфициент фильтрации двух водопроницаемых соседних слоев грунта (см. рис. 17), то для исследования первого слоя применяем откачку из неполного колодца по предыдущему, но так закладывая его дно, чтобы активная зона, питающая его, не превышала глубины h_1 **.

Далее, если глубина залегания подстилающего непроницаемого пласта III не велика, то доводят до него колодец. Откачка из такого углубленного колодца дает по Шульце следующее уравнение для определения коэфициента фильтрации нижнего слоя k_2 мм/сек.

$$K_2 = \frac{Q \log \frac{R}{r} - 1{,}36K_1 (h_1^2 - t^2)}{2{,}73 \cdot h_2(h_1 - t)}, \qquad (17)$$

где Q — дебит в литрах в секунду; K — коэфициент фильтрации первого слоя в миллиметрах в секунду, найденный из первой откачки; R — радиус влияния колодца; r — радиус колодца, h_1, h_2 мощности в метрах I и II слоя, насыщенных водой, t — глубина воды в метрах в колодце, считая от раздельной линии между I и II пластом.

Формула (15) применима при $t > 0$.

* См. Архангельский, Замарин и Решеткин. «Полевые исследования водоотдачи грунтов». 1921, стр. 39.

** Мощность залегания пластов I и II, т. е. h_1 и h_2 предполагается известной из буровой разведки.

Когда подстилающий слой III залегает глубоко и опустить до него колодец для опытной откачки или дорого или затруднительно, в таких случаях определение K_1 для I пласта ведут по предыдущему, а вместо отыскания K_2 дают общую характеристику водоотдачи обоих пластов в целом, для чего колодец углубляют во II слой и продолжают откачку, как из неполного колодца.

Полезно углубление колодца производить не сразу, а постепенно в несколько приемов с тем, чтобы получить более подробную характеристику водоотдачи по мере углубления.

8. Откачка при наклонном уровне грунтовых вод

Для случая наклонного положения уровня поверхности грунтовых (ненапорных) вод определение величины K возможно по уравнению А. К р а с н о п о л ь с к о г о (§ 4, п. 2)*. Для этого предварительно определяются направление и величина уклона поверхности грунтового потока. По линии падения уровня водоносного горизонта закладываются две скважины, доходящие до подстилающего слоя. Из нижней скважины производится откачка с замером дебита. В верхней скважине наблюдается положение уровня воды. Зная мощность водоносного горизонта H, тангенс угла наклона уровня α, превышение уровня воды в наблюдательной скважине над основанием фильтра в нижней скважине — z, расстояние между скважинами x, дебит откачки Q, получим значение K:

$$K = \frac{Q}{\pi \cdot [(H^2 - (z - \alpha \cdot x)^2]} \ln \frac{R}{x} \qquad (18)$$

Для определения величины R для данного уравнения требуется опытная проверка сферы влияния откачки.

9. Способ удельного дебита

Удельный дебит — есть расход колодца, приходящийся на единицу понижения уровня. Линейная зависимость между дебитом колодца и величиной понижения уровня в нем при откачке существует для напорных вод. Поэтому если мы проводим исследование изменения величины K в одном и том же водоносном горизонте или для различных водоносных слоев в одной и той же буровой скважине, то, определив K для одного слоя, для другого определяем из соотношения:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{q_1}{q_2}$$

или

$$K_2 = K_1 \frac{q_1}{q_2} \qquad (19)$$

где q_1 и q_2 —удельные дебиты.

10. Определение K в сухих водопроницаемых породах методом наливных шурфов

Метод этот, опубликованный А. К. Болдыревым, состоит в наблюдении за количеством поглощаемой воды, наливаемой в шурф и поддерживаемой на одной определенной высоте. Так как при этом происходит растекание воды в

* К а м е н с к и й Г. и Б о г о м о л о в Г. «Подсчет коэфициента фильтрации для случая ассим. воронки депрессии». «Гидротехническое строительство». № 2-3, 1932.

стороны, причем в вертикальном разрезе площадь смоченного грунта принимает вначале форму эллипсиса с горизонтальными положениями длинной оси, а при достаточной длительности опыта принимает вообще вид удлиненной вниз неправильной фигуры, то этим затрудняется определение величины фильтрующего сечения. Практически задача решается следующим образом: на дне шурфа, углубленного до интересующего нас горизонта, делается небольшой приямок с вертикальными стенками, размером 30×30 см и глубиной 20 см. В этот приямок осторожно наливают воду на высоту 10—15 см. Вода будет уходить через дно и стенки приямка, ее осторожно продолжают приливать, поддерживая все время уровень на определенной высоте и замеряя количество израсходованной воды и время. Когда с течением времени (через 5—6 часов, а иногда и более) расход примет постоянную величину в единицу времени, определяют «K» делением полученного расхода на площадь приямка. Расход считают в литрах (сек), а площадь в кв. дециметрах. K получаем в дециметрах в сек.

11. Определение величины K посредством нагнетания воды в водопроницаемый грунт *

При определении величины K с помощью опытов по нагнетанию воды в водоносный горизонт применяют перечисленные в пп. 2—9 формулы, но так как расход является здесь отрицательным (поглощающая скважина), то в выражении меняется соответственно знак.

Например для опыта с одной скважиной

$$K = \frac{Q \ln \frac{R}{r}}{\pi \cdot (h^2 - H^2)}, \qquad (20)$$

так как H равно 0, то в этом случае формулы соответственно изменятся.

Например для одной скважины

$$K = \frac{Q \ln \frac{R}{r}}{\pi \cdot h^2} \qquad (21)$$

для формулы Смрекера:

$$a = \frac{(q_1)^m}{(q_2)^m}; \quad b = \frac{Y_1^{m+1}}{Y_2^{m+1}} = \left(\frac{Y_1}{Y_2}\right)^{m+1}$$

$$C = \frac{m-1}{m+1} (2\pi)^m \frac{Y^{m+1}}{q^m} x^{m-1} \qquad (22)$$

§ 18. Лабораторные методы определения величины фиктивного коэфициента фильтрации K

Кроме описанного в томе I «Справочника» (разд. IX § 9) прибора Дарси Тима можно указать еще следующие.

* Указанный метод имеет применение при устройстве поглощающих колодцев различной глубины.

1. **Простейший прибор** для исследования фильтрации изображен на рисунке 18. Цилиндр A (стеклянный или металлический) открыт с обоих концов. На мензурку B помещается воронка. Цилиндр A ставится в воронку на сетку S заполненным испытуемой средой. Сбоку цилиндра A иногда бывает пьезометр n. В цилиндр наливается вода, собираемая при фильтрации в мензурке B и замеряемая в количестве Q за время t сек. Зная сечение цилиндра A, равное F, имеем скорость фильтрации.

$$\frac{Q}{F\,t} = K \cdot I.$$

Так как

$$I = \frac{H}{l},$$

то

$$K = \frac{Ql}{F \cdot t \cdot H}$$

Если пьезометр отсутствует, то

$$K = \frac{Ql}{F \cdot t\,(h + l)}.$$

В таком приборе может производиться испытание только полупроницаемых грунтов и в полевых условиях, требующих определенной простоты обстановки. Для поддержания уровня воды в нем требуется доливание или установка так называемой банки Мариотта. Последняя работает на следующем принципе. Если из заполненного водой и закрытого сверху сосуда выпускать воду через трубку в другой сосуд, то вода будет вытекать каплями, причем каждая капля замещается соответствующим пузырьком воздуха, поступающим из этого сосуда через другую трубку для восполнения давления воздуха над водой. Если трубка опущена в сосуд с водой, то вода будет вытекать только при понижении уровня до обнажения конца трубки. Поэтому будет все время уровень поддерживаться на определенной высоте, ибо количество воды с каждой каплей будет восстанавливаться из другого сосуда.



Рис. 18. Схема прибора для исследования фильтрации.

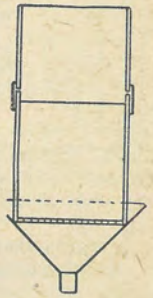


Рис. 19. Схема прибора Копецкого.

2. **Видоизменение приборов Копецкого.** В приборе Копецкого (рис. 19) образец грунта берется стальным цилиндром, к которому привинчивается сверху надставка с стеклянным цилиндром. В эту надставку наливается вода, и после того, как ею будет промочен образец грунта, стакан ставится на сетку в воронку, вода в подставке доливается снова до определенной метки, и далее определяется, на сколько миллиметров понизится уровень воды в течение 24 часов. Это понижение уровня и служит относительным показателем водопроницаемости грунта.

Видоизменение этого прибора в фильтрационный состоит в том, что к стакану Копецкого присоединяется еще нижняя часть, а надставка снаб-

жается сливным ребром для удаления избытка воды (или над ней устанавливается банка Мариотта) с отростком для пьезометра. В дальнейшем получается тот же самый прибор Тима. Конструкция предложена инж. Давиденковым.

Указанные приборы (1, 2) дают возможность исследования величины K при сравнительно незначительных гидравлических градиентах (I). В слабо фильтрующей среде опыт фильтрации должен длиться большое количество времени, чтобы получить достаточное количество фильтрата. Преимущество их состоит в простоте работы.

3. **Прибор А. П. Нифантова** (рис. 20). Цилиндр A, имеющий внутри мелкую винтовую нарезку, навинчивается на нижнюю камеру $Б$. В последней на сетке $Г$ помещается песчаный фильтр. Цилиндр A на фильтре $Г$ заполняется испытуемой средой до уровня N; последняя перекрывается сеткой, и на цилиндр A сверху навинчивается камера B. Камеры $Б$ и B имеют отростки для присоединения: к крану M и пьезометру $б$ (камеры $Б$), к сливу P и пьезометру b (камеры B). Вода поступает к прибору из трубки D, идущей от напорного бака с неизменным в нем уровнем воды. Трубка D соединена с пьезометром a и с краном M. Кран M, имеющий специальную конструкцию, тарируется на пропускаемое им в секунду количество воды в зависимости от величины отверстия и напора H. Меняя величину отверстия крана, меняем напор H_1 при постоянстве H и H_2 (уровень бака и уровень слива не меняют своего положения). При постоянстве высоты слоя среды в цилиндре A это создает возможность совершенно плавного перехода от одного градиента до другого. В зависимости от высоты положения напорного бака величина гидравлического градиента может быть достигнута в желаемой амплитуде изменения. Кран M дает возможность учета расхода воды в момент отсчета по пьезометрам, не прибегая к учету времени и к замеру количества фильтрата, что в свою очередь сокращает время для наблюдения и дает возможность проследить изменение величины K при широкой амплитуде изменения гидравлического градиента. Ток воды снизу вверх при вертикальном положении прибора дает преимущество перед направлением сверху вниз (в отношении удаления воздуха и затруднения суффозии). Прибор может устанавливаться как в вертикальном, так и в горизонтальном положении. При отсчете показаний пьезометров и крана даваемый краном расход q (см³/сек) относится к моменту отсчета, и получаемая отсюда скорость движения воды

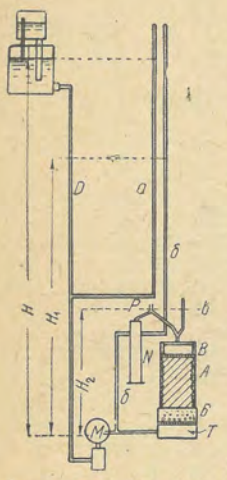


Рис. 20. Схема прибора Нифантова.

$V = \frac{q}{f}$, где f — сечение прибора (см²) есть скорость (в см/сек), соответствующая моменту наблюдения, а не средняя скорость за промежуток времени t. Получаемое отсюда значение

$$K = \frac{q \cdot l}{f(H_1 - H_2)} \text{ (см/сек)}$$

относится также к моменту наблюдения, а не как среднее за время t.

4. **Прибор А. П. Нифантова для полевых наблюдений.**

На рисунке 21 изображен цилиндр, имеющий в дне, в крышке и в боковой стенке отростки для впуска воды ($а$), для выхода воды ($б$) и для присоединения к пьезометрам ($г$ и $в$). К отростку $а$ присоединяется трубка от напорного сосуда, снабженного банкой Мариотта, подводящая воду через кран, как и в предыдущем приборе. Вода из крана поступает в отросток $а$ и по тройнику одновременно в пьезометр ($б$). Отростки $г$ и $в$ соединяются с пьезометрами $д$ и $е$.

Отросток $б$ соединяется со сливом. Низ цилиндра загружается песчаным фильтром, на который делается загрузка испытуемой среды толщиной слоя l (большей расстояния между $г$ и $в$). На испытуемую среду загружается снова песчаный фильтр, прибор заполняется водой (снизу) и закрывается крышкой. При работе отсчеты по разности показаний уровня воды в напорном сосуде и по пьезометру h_1 и по отверстию крана дают расход q (см³/сек). Разность отсчетов пьезометров h_3—h_2 при толщине слоя l дает величину:

$$I = \frac{h_3 - h_2}{l}$$

Значение

$$K = \frac{ql}{f(h_3 - h_2)} \text{ см/сек},$$

где f — площадь прибора (см²), (в см, h_3 и h_2 в см) также соответствует моменту наблюдения.

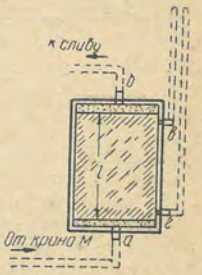


Рис. 21. Схема прибора Нифантова для полевых наблюдений.

При работе с монолитом внизу цилиндра помещается кольцо, на которое кладется сетка. Отростки $в$ и $г$ закрываются. На сетку ставится монолит, и промежуток между ним и стенками цилиндра заливается смесью канифоли и парафина. Работа ведется по показанию крана и пьезометров, присоединенных к отросткам $а$ и $б$ и к напорному сосуду. Диаметр цилиндра — 125 мм.

5. **Определение величины K в монолитных образцах** может быть производимо следующим образом.

Монолитный образец грунта вырезывается острой лопатой и ножом в виде призмы (размеры, допускаемые условиями перевозки, примерно 20×20×70 см) и вкладывается в деревянный ящик, сделанный точно по его размеру. В таком виде монолит перевозится в лабораторию. В лаборатории монолит вкладывается или в тот же или в другой ящик, причем промежутки между боками его и стенками ящика тщательно заливаются мастикой (парафин 0,6 части, канифоль — 0,2, вар (смола твердая) — 0,1 и машинное масло — 0,1) в горячем виде. Верхняя и нижняя части монолита остаются свободными на сетках, и между ними и стенками ящика остается свободный промежуток для впуска и выпуска воды. Швы ящика заливаются той же мастикой, в торцевых частях ящика вставляются трубки для впуска и выпуска воды, и в таком виде монолит поступает для испытания на фильтрацию*. Так как опыт длится в течение большого количества времени (несколько дней), то к установке присоединяется иногда самописец (обычного типа плювиограф).

6. **Прибор Форхгеймера.** На рисунке 22 изображен прибор проф. Ф. Форхгеймера. Удлиненной формы ящик, шириной $а$, разделен сетками S—S на три отделения $А$, $Б$ и $В$; в среднюю его часть $Б$ загружается испы-

* Метод лаборатории б. ГИСХМ, проработанный А. Д. Брудастовым и С. В. Астаповым.

туемая среда. В отделение A поступает вода из водопровода T. Через слив N избыток воды поступает в канализацию D. Профильтровавшись в отделении $Б$, вода поступает в отделение B, из которого через слив M поступает в мерный сосуд. Если Q — расход в кубических сантиметрах в секунду, то величина

$$K = \frac{Q \cdot 2l}{a\,(h_1^2 - h_2^2)};$$

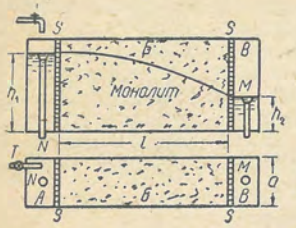


Рис. 22. Схема прибора Форхгеймера.

Лабораторией ГИСХМ конструкция прибора Форхгеймера несколько видоизменена для возможности испытания в нем монолитов торфа, а именно: 1) монолит заключается в коробку из латунной сетки; 2) промежуток между боковыми стенками монолита, дном и боковыми стенками прибора заливается мастикой вышеуказанного состава (п. 4); 3) вместо сливов N и M поставлены трубки, проходящие через дно отделений A и $Б$ в сальниках, так что верхний уровень трубок может устанавливаться по желанию; этим упрощено регулирование уровня воды в отделениях A и $Б$.

7. **Характеристика фильтрационных свойств разреза.** При полевых опытах на испытание фильтрационных свойств грунтов желательно отбирать пробы в монолитах с помощью или шурфов или указанным нажимным буром послойно и давать величину K для каждого характерного слоя в отдельности как среднюю величину из нескольких проб. Характеристика фильтрационной способности грунта выражается графически следующим образом (рис. 23). Вычерчивается в определенном масштабе литологический разрез грунта. Против каждого слоя горизонтально в условном масштабе откладывается полученная средняя для него величина K. Из полученного графика определяется максимально проводящий слой, и далее в случае надобности определяется: 1) может ли по данному слою вода выходить на поверхность (где-либо в имеющемся обнажении этого слоя) и какое количество воды может теряться этим путем и 2) какие последствия может вызвать образование в отдельных слоях водоносного горизонта.

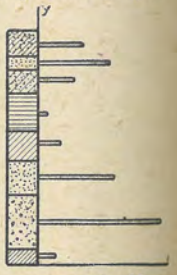


Рис. 23. Характеристика фильтрационных свойств.

§ 19. Теоретическое определение скорости движения грунтовых вод по данным механического анализа водопроницаемой среды

Механический анализ среды дает характеристику составляющих ее компонентов по размеру зерен и в процентном соотношении этих компонентов. При определении возможной величины K по данным механического анализа находят такую однородную идеальную по строению среду с диаметром шарообразных зерен d_e, которая имела бы ту же величину K, как и испытуемая среда. Следовательно первая задача сводится к определению размера диаметра частиц этой идеальной среды или, как принято называть, «эффективного» диаметра зерен (d_e), или еще «действующего» диаметра

зерен этой среды. Вторая задача состоит в определении величины K в зависимости от найденной величины d_e.

Для определения величины K существует несколько методов, равно как и для аналитического выражения зависимости величины K от d существует ряд формул. Данные эти приведены в томе I «Справочника» (разд. IX, § 9).

1. Помимо приведенных в томе I формул Козени, Крюгера, Замарина и др. **отметим графический метод А. Газена** для определения эффективного диаметра d_e.

Если мы будем откладывать по оси абсцисс размер фракции грунта, а по оси ординат — весовое участие всех фракций включительно до этого размера, считая от наименьшего, то получим кривую механического состава. Например, механический анализ дает:

%	1	6	14	30	25	14	10
d_e мм	0—0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—0,25	0,25—0,5	0,5—1,0	1,0—2,0
Средний d_e мм . .	0,005	0,03	0,075	0,175	0,375	0,75	1,50

В этом случае по оси ординат против значений на оси абсцисс откладываем:

абсциссы:	0,005	0,03	0,075	0,175	0,375	0,75	1,5
ординаты:	1	7	21	51	76	90	100

Согласно полученной кривой определяем размер d_e частиц, соответствующий 10% веса, в нашем примере он будет лежать между 0,03 и 0,075. Так как в данном случае не кривая, а ломаная линия, то искомый размер может быть найден вычислением:

$$d_e = d_{10} = \frac{0{,}075 - 0{,}03}{(21 - 7)} \times (10 - 7) + 0{,}03 = 0{,}0396, \text{ или } 0{,}04 \text{ мм}.$$

При этом Газен вводит коэфициент однородности как отношение размера зерен, соответствующего 60% (в нашем случае d_{60}=0,247) к размеру, соответствующему 10% (в нашем случае 0,04). Этот коэфициент $\frac{d_{60}}{d_{10}}$ не должен быть больше 5 (в нашем случае 6,2) для применения формулы Газена для нахождения величины K.

Скорость движения грунтовых вод по А. Газену $V = Cd_e^2\, I\, (0{,}7 + 0{,}3t)$ м/сут., где C — эмпир. коэфициент изменяемой величины — от 400 до 1 000; d_e — «действующая» величина зерна (определяемая графически по методу Газена, см. выше); t — температура воды по Цельсию. Применение формулы возможно для d_e от 0,1 до 3,0 мм и при величине коэфициента однородности не более 5 (см. выше). Значение C для чистого песка 1 000, при загрязнении снижается до 400.

2. Ч. С. Слихтер дает формулу расхода потока:

$$Q = \omega\, 0{,}2012 I \frac{d_e^2 M_0}{\mu} \text{ куб. фут. в минуту}$$

или

$$Q = \omega \cdot 11{,}31 d_m^2 M_0 (1 + 0{,}0187 (t - 32) \text{ куб. фут. в минуту.}$$

Здесь ω — площадь поперечного сечения в кв. футах; t — температура по Фаренгейту; d_e — действующая величина зерен (по Газену *); μ — коэфициент вязкости; M_0 — постоянная величина, зависящая от порозности.

В метровых мерах выражение для скорости (фиктивной) потока получается:

$$V = 496 M d_m^2\, I\, \tau \ldots \text{ метров в сутки. Здесь } \tau = 1 + 0{,}0337\, t. \quad (23)$$

Значения величины M ($M = 10 M_0$) в зависимости от порозности получаются следующие:

p	M	p	M	p	M	p	M	p	M
0,26	0,1187	0,31	0,2122	0,36	0,3473	0.41	0,5339	0,46	0,7838
0,27	0,1350	0,32	0,2356	0,37	0,3808	0,42	0,5789	0,47	0,8455
0,28	0,1517	0,33	0,2601	0,38	0,4154	0,43	0,6267	—	—
0,29	0,1694	0,34	0,2878	0,39	0,4524	0,44	0,6776	—	—
0,30	0,1905	0,35	0,3163	0,40	0,4922	0,45	0,7295	—	—

3. Таблицы скоростей и коэфициентов фильтрации (фактических). Ниже приводятся две таблицы скоростей фильтрации в песках различного диаметра зерна, вычисленных по формулам **Слихтера и Газена.** Приведенные в таблицах цифры могут служить примерными данными для практической прикидки.

Таблица скоростей фильтрации в песках однородного зерна при действующем диаметре от 0,01 до 3,0 мм при порозности 32% и при $t = 10$° С, по Слихтеру (в метрах в сутки при уклоне I-1) *

d_e	V	d_e	V	d_e	V	d_e	V
0,01	0,0504	0,10	4,896	0,35	60,12	0,80	313,70
0,02	0,1944	0,12	7,056	0,40	78,48	0,85	354,06
0,03	0,4392	0,14	9,612	0,45	99,36	0,90	396,00
0,04	0,7842	0,15	11,016	0,50	122,40	0,95	442,0
0,05	1,224	0,16	12,546	0,55	148,32	1,0	504,0
0,06	1,764	0,18	15,880	0,60	176,40	2,0	1944,0
0,07	2,401	0,20	19,620	0,65	207,04	3,0	4392,0
0,08	3,136	0,25	30,630	0,70	240,12	—	—
0,09	3,960	0,30	43,92	0,75	275,76	—	—

* Ч. С. Слихтер в своей работе не указывает, каким методом он пользуется для определения «действующего» диаметра зерен.

Таблица скорости фильтрации (в литрах в сутки) в песках при величине действующего диаметра зерен от 3 до 40 мм, при уклонах от 0,0005 до 0,1 по Газену

(Заимствовано у Е. А. Замарина — Расчет движения гр. вод. 1928 г. В. 1—2)

I / d_e	3	5	8	10	15	20	25	30	35	40
0,0005	3,4	10	20	30	49	79	110	149	201	250
0,001	7,0	21	40	58	101	146	204	274	369	451
0,002	14	40	79	110	189	274	369	478	589	711
0,004	27	76	149	207	351	478	610	742	870	1 000
0,006	40	113	207	274	451	619	781	930	1 090	1 240
0,008	55	143	253	339	531	720	900	1 087	1 270	1 450
0,01	67	174	299	384	610	830	1 030	1 220	1 412	—
0,015	98	238	378	479	760	1 030	1 260	1 477	—	—
0,020	125	299	467	580	881	1 180	1 469	—	—	—
0,030	183	400	616	750	1 109	1 450	—	—	—	—
0,050	280	561	885	1 060	1 440	—	—	—	—	—
0,10	494	930	1 310	1550	—	—	—	—	—	—

(См. сл. таблицу на стр. 468—469).

ГЛАВА VII

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

§ 20. Физико-химическое исследование подземных вод

1. Способы выражения данных химического анализа

Химический анализ вод применяется как для установления их генезиса, так и для определения степени возможного использования их. Методы анализа (полевого и лабораторного) изложены в специальных изданиях *, результаты анализа выражаются или в ионной или в так называемой «эквивалентной» форме. Степень полноты анализа определяется задачами предполагаемого использования вод. Для выражения данных химического анализа в эквивалентной форме, получаемое непосредственно в результате анализа весовое содержание ионов, выраженное в миллиграммах на литр, пересчитывается путем перемножения полученных цифр количества миллиграммов на пересчетные коэфициенты, приведенные в следующей таблице: (см. стр. 470)

* Верещагин. Методы полевого гидрохимического анализа в их применении к гидрологической практике, 1930.
Бутырин П. Полевой количественно-химический гидроанализ пробирочно-капельным методом, 1931.
Г. Клют. Исследование воды на месте, 1931 г. Г. Смолко. Физ.-хим. свойства подземных вод, 1931.
Н. Славянов. Эквивалентная форма выражения анализов воды и ее применение, 1932.
П. Бутырин. Таблицы для пересчета анализов вод в эквивалентную форму, 1933.

Таблица коэфициентов фильтрации различных грунтов (определено в монолитах)

№ по порядку	Название грунтов и место взятия	Фракции в процентах на сухую навеску								Порозность	Коэфициент фильтрации (в см
		Раствор соли	1 мм	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	< 0,001		
	I. Песчаные										
1	Песок речной дм. = 1 мм	—	—	—	—	—	—	—	—	38,19	0,496
2	» » = 1—0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	37,19	0,201
3	» » = 0,5—0,25	—	—	—	—	—	—	—	—	37,11	0,0776
4	» кварц. = 0,25—0,125	—	—	—	—	—	—	—	—	39,58	0,0199
5	Песок=1 м—60%=1—0,5—30% и=0,5—0,25—10%	—	—	—	—	—	—	—	—	34,43	0,185
	II. Супесчаные										
1	Супесь легкая (пойменная терраса р. Каратал)	—	—	—	—	—	—	—	—	46,1	0,002—0,0004
2	Супесь (пылеватая) основ. терраса р. Каратал)	19,88	0,09	3,05	43,89	14,13	8,24	2,80	7,92	47,78	0,0003—0,0001
	III. Глинистые										
1	Суглинок легкий (лесс со 2-й О. М. С. Чернигов)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0006—0,0002
2	Суглинок средний (Муганская степь)	17,25	—	—	—	53,47	11,86	5,57	11,85	54,65	0,0004—0,00008
3	Суглинок тяжелый (основная терраса р. Каратал)	15,63	0,03	1,04	29,01	17,13	11,85	9,17	16,14	50,84	0,00006—0,00003
4	Суглинок легкий, солонцеватый (Аракумская низменность)	17,72	—	0,01	25,52	29,05	1,95	7,79	17,96	46,00	0,00001—0,000005
5	Суглинок тяжелый — пухлый солончак (надпойменная терраса р. Или)	—	—	3,94	22,98	8,59	—	18,92	19,94	46,93	0,0003—0,0001
	IV. Глинистые										
1	Глина тяжелая — моренная (Бутырский хутор)	—	0,67	5,76	—	42,41	23,28	12,32	14,80	34,07	0,00001—0,000003
2	Глина тяжелая — солончаковая (основная терраса р. Или)	—	—	0,93	10,18	18,61	—	70,28	17,04	53,88	0,00030—0,00020
	V. Торфяные										
1	Торф среднеразложившийся (Ленинградская обл.)	—	—	—	—	—	—	—	—	92,00	0,015—0,002
2	Торф разложившийся (Ленинградская обл.)	—	—	—	—	—	—	—	—	94	0,0003—0,00008

Положительные радикалы	Пересчетный коэфициент	Логарифм (отрицат.)	Отрицательные радикалы	Пересчетный коэфициент	Логарифм (отрицат.)
Щелочи		$\bar{2},63849$	**Сильные кислоты**		
Натрий Na	0,0435		Хлор Cl′	0,0282	$\bar{2},45026$
Калий K′	0,0256	$\bar{2},40773$	Нитрат NO_3'	0,0161	$\bar{2},20755$
Литий Li′	0,1441	$\bar{1},15864$	Сульфат SO_4''	0,0208	$\bar{2},31844$
Аммоний NH_4'	0,0554	$\bar{2},74374$	Тиосульфат S_2O_3''	0,0178	$\bar{2},25115$
			Иод J′	0,0079	$\bar{3},89647$
Щелочные земли			Бром Br′	0,0125	$\bar{2},09734$
Кальций Ca″	0,0499	$\bar{2},69821$			
Магний Mg″	0,0832	$\bar{2},91507$	**Слабые кислоты**		
(Ca+Mg) для жесткости	0,03571	$\bar{2},55284$	Сульфат SO_3''	0,0250	$\bar{2},39756$
			Сульфид S″	0,0624	$\bar{2},79493$
Водород и металлы			Карбонат CO″	0,0333	$\bar{2},52288$
Водород H	0,9921	$\bar{1},99654$	Гидрокарбонаты HCO_3''	0,0164	$\bar{2},21460$
Алюминий Al″	0,1107	$\bar{1},04415$	Силикат SiO_3''	0,0262	$\bar{2},41851$
Свинец Pb″	0,0096	$\bar{3},98464$	Гидроксил OH″	0,0588	$\bar{2},76935$
Железо Fe‴	0,0537	$\bar{2},72997$	Фосфат PO_4'''	0,0316	$\bar{2},49921$
Железо Fe″	0,0358	$\bar{2},55418$			
Медь Cu″	0,0315	$\bar{2},49778$			

Встречающиеся в природе воды обычно представляют собою раствор того или иного солевого комплекса, причем, согласно теории электролитической диссоциации, компоненты этого комплекса находятся в диссоциированном состоянии. Молекулы солей расщеплены на ионы (положительные—катионы и отрицательные — анионы).

Обычно применяемый анализ — ионный — дает количественное содержание катионов и анионов в миллиграммах на 1 литр.

Однако цифры анализа в такой форме не дают возможности быстрой химической оценки вод. Необходимо данные анализа представлять в такой форме, которая, позволяя судить о солевом составе воды, давала бы возможность определять самый тип ее, соответствующей классификации, и чтобы самая форма анализа служила базой для классификации вод по их химическому составу.

Указанные выше требования удовлетворяются, если результаты обычно применяемого ионного анализа выражать в эквивалентной форме.

Количественные соотношения катионов и анионов в растворе определяются тем, что каждое количество катиона уравновешивается определенным количеством аниона, как положительный заряд уравновешивается зарядом отрицательным. Катион, не уравновешенный анионом, не может существовать в системе раствора и переходит в группу недиссоциированных соединений газообразных или твердых (обычно в виде коллоидов). Те весовые соотношения, в которых ионы взаимодействуют в растворе, называются их эквивалентами, причем на один эквивалент катиона всегда приходится один эквивалент аниона. Чтобы узнать, сколько весовых единиц эквивалентов того или иного иона находится в растворе, достаточно найденное ионным анализом весовое количество этого иона в миллиграммах разделить на его ионный вес и умножить на его валентность. Найденное количество будет называться миллиграмм-эквивалентом. Каждая единица миллиграмм-эквивалента катиона погашается в растворе единицей миллиграмм-эквивалента аниона. Указанные выше пересчетные коэфициенты и служат для выражения, по данным ионного анализа, количества имеющихся в растворе ионов в миллиграмм-эквивалентной форме.

Солевые соотношения в растворе определяются законом, по которому сильные кислоты и основания замещают слабые кислоты и основания и потому сильные кислоты (нитраты, хлор, бром, иод, фтор, сульфат, тиосульфат) в первую очередь уравновешиваются сильными основаниями, т. е. щелочными металлами (калий, натрий), после чего их остаток уравновешивается щелочно-земельными металлами (кальций, магний) и наконец тяжелыми металлами (железо и др.).

В свою очередь щелочные металлы в первую очередь требуют для равновесия сильные кислоты, остаток же уравновешивается слабыми кислотами (карбонаты, гидрокарбонаты, сульфиты и т. п). После достижения равновесия щелочей уравновешиваются щелочно-земельные металлы и, наконец, тяжелые металлы.

В общем, условия химического равновесия требуют, чтобы количество миллиграмм-эквивалентов катионов было в точности равно количеству миллиграмм-эквивалентов анионов и в этом заключается метод проверки правильности ионного анализа.

Для представления о солевом составе воды анионы и катионы выписывают в два ряда:

Анионы	Катионы
NO_3'	K′
Cl′	Na′
SO_4''	Mg″
HCO_3'	Ca″
	Fe″
	Mn″

Первый анион связывается с первым катионом или, если его нехватает, со следующим катионом. Остаток от первого катиона связывается со вторым анионом и т. д.

Для суждения о типе воды суммируют все количество миллиграмм-эквивалентов и, объединив их по группам (5 групп, указанных в предыдущей таблице), выражают процентное участие каждой группы.

Отображение содержания отдельных групп катионов и анионов в процентных соотношениях не меняет существа дела, но устраняет влияние степени концентрации раствора на суждение о его типе и позволяет разделить все воды в зависимости от имеющихся у них процентных соотношений между отдельными группами ионов на классы.

Если мы назовем:

Эквиваленты сильных кислот через s
» щелочных металлов через a
» щелочно-земельных металлов через e,

то в соотношениях количества s, т. е. сильных кислот, и затем a и e, т. е. щелочных и щелочно-земельных металлов, мы можем мыслить пять основных комбинаций:

$$\text{I} - s < a;\ \text{II} - s = a;\ \text{III} - s < a + e;\ \text{IV} - s = a + e \text{ и } \text{V} - s > a + e.$$

В зависимости от того, в каком отношении количество сильных кислот находится к количеству щелочных и щелочно-земельных металлов, воды делятся на указанные пять классов. C. Palmer, установивший эти пять классов, характеризует воды по порядкам их солености и щелочности. Под соленостью C. Palmer разумеет погашение сильными кислотами щелочных, щелочно-земельных и тяжелых металлов. Если имеющееся количество сильных кислот (миллиграмм-эквивалентов) погашает щелочи, то это составляет соленость I порядка. Если сильные кислоты погашают также и щелочно-земельные металлы, то это дает соленость II порядка. Если сильные кислоты погашают также и тяжелые металлы, то получаем соленость III порядка.

Если сильных кислот нехватает на погашение металлов и последние входят в соединение со слабыми кислотами, то это определяет щелочность воды. Соединение со слабыми кислотами щелочных металлов дает щелочность I порядка, соединение со слабыми кислотами щелочно-земельных металлов дает щелочность II порядка и, наконец, слабые кислоты, тяжелые металлы и водород в соединении дают щелочность III порядка.

Таким образом, принятое в данное время деление вод по C. Palmer'у на 5 классов дополняется их характеристикой по порядкам их солености и щелочности.

В общем, воды кристаллических полево-шпатовых трещиноватых пород обычно относятся к I классу. Воды известняковых массивов чаще дают II класс. Воды рек и озер (пресные) – III класс. Воды соленых озер и морей—IV класс и, наконец, рудничные кислые воды относятся обычно по характеру своего состава к V классу.

Указанный метод C. Palmer'а характеристики вод может быть наглядно представлен графически.

При пересчете результатов анализа в процентных соотношениях мы должны получить при правильно проведенном анализе и правильно исполненных подсчетах 50% за катионами и 50% за анионами.

Если мы изобразим результат анализа графически в виде двух столбиков (см. рис. 24), один из которых будет представлять катионы, а другой анионы, то непосредственное сопоставление этих столбиков укажет как класс, к которому относится исследуемая вода, так и ее характер в отношении «солености» и щелочности. Для этого требуется, чтобы как катионы, так и анионы располагались в порядке своей силы и масштабно сообразно процентам своего содержания. Порядок их расположения будет следовательно таков. Первый столбик, изображающий катионы, вверху имеет щелочные металлы, под ними щелочно-земельные и еще ниже тяжелые металлы и водород. Второй столбик, принадлежащий анионам, имеет вверху сильные кислоты, под ними слабые кислоты.

Масштаб изображения будет наиболее удобным при равенстве 1%—2 миллиметрам. Столбики, стоящие рядом, имеют между собой промежуток (2—3 мм), который пересекается чертами, соответствующими границам компонентов. Таким образом, между этими границами получается естественная характеристика воды в отношении солености или щелочности. Этот способ принадлежит G. S. Rogers'у и широко применяется в Америке.

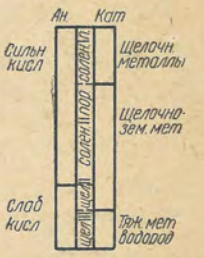


Рис. 24. График анализа воды.

Эквивалентная форма выражения анализа требует тем не менее представления также и первоначальных данных ионного анализа. В особенности необходимо указание на общее содержание солей в растворе (плотный остаток) и остаток от прокаливания (для суждения о количестве органических соединений).

Характеристика вод по классам Пальмера уясняет генезис вод и дает пути к рациональному проектированию их использования в целях перехвата для отвода с исследуемого участка.

Изучение генезиса подземных вод может производиться также по методу проф. Огильви на основании изучения режима дебитов источников (откачка в буровых скважинах) при параллельном производстве полных химических анализов воды и определении температур (А. Н. Огильви — «Каптаж Нарзана и его история», Труды Геологического Комитета, вып. 58).

§ 21. Оценка вод по их пригодности для различных целей

1. Оценка ирригационных свойств воды по Стэблеру

Стэблер * предложил для оценки пригодности воды для целей ирригации пользоваться коэфициентом (Ka), величина которого зависит от соотношения эквивалентов Na, Cl и сильных кислот, а именно:

а) если эквивалент Na не больше эквивалента Cl

$$Ka = \frac{288}{5rCl}\ **,$$

б) если $Na > Cl$, но меньше суммы эквивалентов сильных кислот

$$Ka = \frac{288}{rNa + 4rCl},$$

---

* H. Stabler. Ind. appl. of water analyses. Water Supply, P. 274. 1911.
** Обозначение rCl указывает, что содержание Cl берется в м-эквивалентной форме

в) если $Na >$ суммы эквивалентов сильных кислот

$$Ka = \frac{288}{10rNa - 5rCl - 9rSO_4},$$

воды, имеющие $Ka < 1{,}2$, практически не годны для ирригации. При Ka от 1,2 до 18 требуют искусственного дренажа. При $Ka > 18$ вполне пригодны для ирригации без дренажа.

Указанные коэфициенты выведены эмпирически.

Пример: (Никшич и Огнев. Джебельские источники. Мат. по общей и прикладной геологии. Вып. 78, 1928 г.)

Фактические данные:

$Na' = 90{,}5$ мг, $Cl' = 25{,}9$ мг и $SO_4'' = 318{,}4$ мг на литр. Миллиграмм-эквиваленты:

$Na' = 90{,}5 \times 0{,}0435 = 3{,}93$;
$Cl' = 25{,}9 \times 0{,}0282 = 0{,}73$;
$SO''_4 = 318{,}4 \times 0{,}0208 = 6{,}93$;

$$rNa \cdot > rCl;\ rNa \cdot < rSO_4'' + rCl''$$

$$Ka = \frac{288}{rNa \cdot + 4rCl'} = \frac{288}{3{,}93 + 4 \times 0{,}73} = 42{,}04$$

$Ka = 42{,}04 > 18$ вода вполне пригодна для ирригации.

2. Оценка пригодности воды для питания паровых котлов и для радиаторов

Коэфициент Стэблера (по вспениванию воды)

$$F = 62rNa' + 78rK'$$

При $F < 60$ вода считается вполне пригодной.

При $F > 60 < 200$ вода условно годная (требует смены в котле не чаще как через день).

При $F > 200$ вода вспенивающаяся (ежедневная смена воды).

3. Оценка питьевых качеств подземных вод *

Норма Абеля для питьевой воды

1) Температура не ниже 4°С и не выше 18°С, желательно 7 —11°С.

2) Вода должна быть прозрачна и бесцветна.

3) Желателен освежающий вкус. Недопустим соленый, горький, вяжущий и металлический.

4) Реакция слабощелочная или нейтральная. Недопустима кислая реакция.

5) Присутствие NH_4 указывает на подозрительное качество и требует бактериологического анализа (в воде не должны содержаться патогенные и подозрительные микроорганизмы).

6) Содержание NO_2 и NO_3 недопустимо.

7) Присутствие H_2S указывает на необходимость кипячения.

8) Количественное содержание растворенных в воде минеральных солей (солевой состав) может колебаться в широких пределах, в зависимости от привычек местного населения.

* Abel. Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemässer Trink- und Nutzwasserversorgung. 1911. Г. О. Смолко, op. cit., стр. 467.

4. Оценка пригодности воды для развития рыбы

Содержание кислорода не менее 3—4 мг на литр. Отсутствие частого и сильного замутнения воды. Реакция воды должна быть нейтральная или слабощелочная, совершенно недопустима кислая реакция. Отсутствие свободной углекислоты в воде. Воды, содержащие примесь фенола или веществ, сходных с керосином, делают рыбу несъедобной. Большое содержание железа в воде нежелательно.

5. Вредные примеси в воде, разрушительно действующие на бетон

Сернистые и сернокислые соединения действуют разрушающе на бетон. Серная кислота соединяется с известью и глиноземом цемента, образуя сульфо-аллюминат извести (сложная соль Деваля — $Al_2O_3.3CaO + 3CaSO_4 + 28{,}5H_2O$), вызывающий явления пучения и искрошивания цемента. Явление носит название «цементной бациллы» (Cement Bacillus). Присутствие в воде свыше 300 мг (на литр воды) сульфатов внушает опасения за прочность бетона, также вреден раствор $MgCl_2$ (соединяется с кремнекислой известью, образуя легко растворимые хлористый кальций и кремнекислую магнезию). Опасно присутствие в воде H_2S.

Присутствие в воде свыше 300 мг (на литр) свободной углекислоты может вызвать процесс разрушения бетона, принимая известь от кремнезема и глинозема. Кислоты (азотная, соляная, уксусная и др.) вступают в соединения с известью в цементе, вызывая явления вспучивания и вместе с тем разъедая железную арматуру. Наличие кислот обусловливается сточными водами. Гумусовые кислоты при содержании в воде даже до 10 мг на литр разрушающе действуют на бетон.

В. Почвенно-грунтовые исследования

ГЛАВА VIII

ЗАДАЧИ И СОСТАВ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЦЕЛЯХ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

§ 22. Определение и характеристика задач исследования

Общими задачами почвенных исследований при мелиорации земель является установление с.-х. и мелиоративной ценности последних, в частности прогноза возможных изменений почв после проведения гидротехнических мелиораций.

1. Сельскохозяйственные задачи

Задачей с.-х. характеристики является не только установление общей пригодности земель для с.-х. использования, но и специфического соответствия их для того типа планового крупного хозяйства, которое здесь проектируется. В итоге почвенная съемка должна дать основу для построения организационного плана хозяйства и его апробировать. Методом получения таких оценочных данных является прежде всего установление типов и вариантов почвообразования, затем физико-химическая характеристика каждого почвенного варианта и наконец сравнительная оценка этих данных с уже культивируемыми территориями.

2. Мелиоративные задачи

Мелиоративная оценка района должна быть дана как в отношении современного состояния его почв, так и в отношении вероятного изменения их после мелиорации; последнее, главным образом, в направлении возможного развития засоления и солонцовых процессов.

На основании этих оценочных данных устанавливается отношение почв к намечаемому орошению или осушению, самая схема потребных мелиораций и нормы их.

а) **Осолонение территории.** Схема потребных мелиораций при орошении в принципе определяется состоянием **осолонения территории;** именно, при отсутствии осолонения водоотводная сеть очевидно должна быть мелкой и рассчитана лишь на расходы воды по опорожнению оросительных каналов и на случайные сбросы с поля, тогда как при разных степенях осолонения она должна принять в себя и фильтрационные промывные воды и обычно понизить уровень грунтовых вод. Однако схему мелиорации нельзя строить, исходя только из наличного, статического, состояния осолонения почв: известно, что при орошении часто наступают явления так называемого **вторичного осолонения** как следствие общего нарушения водного режима территории. Почвенные исследования должны выявить как самые возможности развития этого осолонения, так и его условия. Вообще говоря, вторичное осолонение может осуществляться двумя путями: первый путь—это общий подъем грунтовых вод и прямая капиллярная подача солей на поверхность почвы.

В качестве грубодемонстративного примера, иллюстрирующего роль этого фактора осолонения, приведем следующий расчет: испарение в ирригационных районах Средней Азии и Закавказья достигает 1 000 мм, или 10 000 куб. м воды с гектара в год. При солености воды даже в размере 0,5 г на литр (т. е. практически при еще пресной воде) данный объем ее оставит на поверхности почвы 5 000 кг солей. Принимая, что слой почвы в 10 см на гектар весит 1 500 000 кг, мы будем иметь осолонение этого слоя в размере 0,33%. Это значит, что уже в один год почва приходит в состояние, практически не пригодное для с.-х. использования. Конечно, этот расчет грубо упрощен и преувеличен, но он правильно отражает общий тип явления, фактически наблюдаемого в природе.

Второй путь осолонения, имеющий несомненно меньшее значение, но тем не менее практически осуществляющийся в природе, протекает без участия грунтовых вод за счет близких уплотненных солевых горизонтов грунта; постоянно увлажняясь оросительными водами, последние постепенно передают свои соли по влажным горизонтам вверх. Отсюда ясно, следовательно, что при постановке прогноза о возможности вторичного осолонения мы не можем ограничиться познанием свойств только почвенных горизонтов как таковых, а должны принять в расчет и характер всей толщи грунта до грунтовой воды и характер и свойства самих грунтовых вод. Нарушение общего гидрологического режима при орошении и является следовательно общей причиной явлений вторичного осолонения.

б) **Рельеф.** Подчиненным, но все же существенным фактором, определяющим собой интенсивность общего нарушения гидрологического режима территории при орошении, является р е л ь е ф. Он определяет собой характер поверхностного и отчасти внутреннего стока вод, возможность применения тех или иных способов полива, а в силу этого и норм полива, следовательно общие размеры фильтрации в грунтовые воды и интенсивность поднятия их зеркала над первобытным уровнем. Поэтому рельеф с этой точки зрения подлежит весьма тщательной оценке при почвенных исследованиях.

в) **Солонцовый процесс.** Если мы имеем дело с уже осолоненными почвами или рассчитываем на вторичное осолонение после орошения, то исследование должно осветить возможность и условия промывок этих солончаков. Здесь в первую очередь нужно выяснить вопрос о возможности развития так называемых солонцовых явлений, т. е. появления соды в почве, распыления агрегатов и разрушения поглощающего комплекса почвы. Эти явления предопределяют собой потребный характер и нормы промывок, а также необходимость дополнительных химических мелиораций в виде г и п с о в а н и я или и з в е с т к о в а н и я. В целом цикл вопросов солонцеватости решается на основе детального выяснения соотношения водорастворимых катионов в почве и состава поглощенных оснований ее, а затем прямым экспериментальным исследованием промывок в лаборатории.

г) **Дренаж и промывки.** Второй задачей здесь является освещение вопроса о возможности промывок без дренажа или необходимости дренажа той или иной интенсивности. Очевидно,что эти вопросы могут быть освещены только на основе детальной характеристики фильтрационных свойств всей толщи грунта до грунтовой воды и с другой — характером и режимом этих вод: при наличии достаточного уклона их зеркала и достаточной скорости их движения они могут явиться удовлетворительным приемником для фильтрационных вод, и, наоборот, при отсутствии надлежащего стока они будут поднимать свой уровень и следовательно могут быть использованы в качестве водоприемника лишь в очень ограниченной мере.

В самом деле, беря крайний случай полной неподвижности грунтовой воды, мы будем иметь, что каждая порция просочившейся в грунт воды будет неизбежно поднимать бытовое зеркало грунтовой воды. Подъем этот будет примерно в три — пять раз (это зависит от порозности грунта) больше слоя просочившейся воды, т. е. если просочился слой в 10 см, то подъем уровня грунтовой воды будет около 30—50 см. Понятно, что при этих условиях мы очень быстро поднимем грунтовые воды настолько близко к поверхности, что реставрация осолонения за счет капиллярного поднятия солей будет очень быстро погашать эффект промывок. Это явление реализуется всегда, когда уровень грунтовой воды поднимается выше чем на 2,5—2 м от поверхности земли. Такие условия наблюдаются во многих ирригационных районах, они конечно очень тяжелы для сельского хозяйства и не должны допускаться при проектировании. Избежать их можно, только исходя при расчете промывных норм из общей емкости для воды почвогрунта от поверхности земли и до уровня грунтовой воды, определяемой из данных физических свойств почвогрунта и в частности из его порозности.

Общей предпосылкой для возможности использования грунтовых вод в качестве водоприемника является достаточно хорошая водопроницаемость всей толщи грунта, так как в противном случае будет создаваться вторичный горизонт грунтовой воды, заболачивающий территорию.

Имея цифровые характеристики указанных здесь свойств, проектирующий будет иметь возможность подойти к конкретному расчету таких элементов, как норма полива, норма промывки, стока, густоты дренажа и пр.

Итак, резюмируя все вышеизложенное, мы устанавливаем, что при почвенных исследованиях в мелиоративных целях изучению подлежат рельеф территории, вся толща почвогрунта до уровня грунтовой воды и, наконец, самые грунтовые воды в пределах всей толщи первого водоносного горизонта.

Общий перечень характеристик мелиоративного района приобретает следующий вид:

I. Р е л ь е ф — анализируется с точки зрения условий стока и применимости различных способов полива.

II. Грунтовые воды — 1) происхождение и условия питания их, 2) глубина стояния и годичная амплитуда колебания их уровня, 3) характер горизонтального движения, 4) солевой состав их.

III. Грунт и почвы — 1) количество и состав воднорастворимых солей, количество карбонатов и гипса, 2) источники осолонения, 3) состав поглощенных оснований и емкость поглощения, 4) гумус, 5) экспериментальные данные о возможности развития солонцовых явлений при промывках, 6) механический и агрегатный состав, 7) общая порозность, 8) максимальная гигроскопичность и молекулярная влагоемкость, 9) предельная влагоемкость, 10) коэфициент фильтрации, впитывания и их динамика, 11) характеристика капиллярных явлений. При исследованиях для осушительных мелиораций необходимо в особенности обратить внимание на степень развития оторфования и оглеения почв.

3. Исследования строительных свойств почвогрунтов

Параллельно с изучением отношений почв к мелиорациям необходимо осветить их свойства с точки зрения условий производства строительных работ.

В последнее время в ряде районов (главным образом сложенных так называемыми лессами) выявилось особое значение явлений, «просадок» грунта, т. е. серьезных оседаний его после замачивания. Эти просадки, затрагивающие толщи грунта до 10 м мощностью, причиняют повреждения сооружениям и нарушают работу сети. Насколько в настоящее время выясняется, просадки определяются, с одной стороны, рыхлостью сложения грунта, а с другой — присутствием некоторых воднорастворимых солей. Таким образом тщательное изучение механического состава грунтов, порозности, плотности сложения, солевого состава его и прямые эксперименты в лаборатории и в поле должны явиться методом для установления возможности появления просадок и их вероятных размеров.

Из других моментов технической характеристики необходимо обратить внимание на легкость размываемости грунта, пригодность его для плотин, дамб и насыпей всякого рода и наконец отношение к таким строительным материалам как цемент. Для решения этих вопросов служат те же данные о механическом составе, характере сложения пород и солевом режиме их.

Наконец, для правильного проектирования сооружений из земли (плотины, дамбы, выемки) и оснований бетонных, каменных и других тяжелых сооружений необходимы сведения, помимо упомянутых уже, о механических свойствах грунтов, а именно о величине угла внутреннего трения, о величине сцепления, о сопротивляемости грунтов вертикальным нагрузкам.

Исследования таких свойств производятся как в лаборатории, так и в полевых условиях.

§ 23. Полевые исследования почвогрунтов для целей мелиорации

1. Зависимость состава исследований от стадии проектирования

Все перечисленные в § 22 элементы характеристик почвогрунтов принципиально обязательны для любого проекта, но степень детальности полевой и аналитической проработки каждого элемента определяется стадией проектирования.

Для технического проекта принимается, что почвенная съемка должна быть сделана в зависимости от пестроты и сложности почвенного покрова в масштабе от 1 : 50 000 до 1 : 25 000 и иногда даже 1 : 10 000. Первые, более мелкие масштабы применимы например в области типичных черноземов или сероземов на пролювиальных (лессовидных) шлейфах. Наоборот, в области солонцовых комплексов (каштановая и бурая зона), а также солончаковых (главным образом области аллювия древнего и современного) необходим масштаб более крупный. Там, где комплексность выражена резко и не может быть уложена в названные масштабы, необходимы дополнительные съемки выборочных типичных площадок (от 50 до 100 га) в масштабе до 1:1 000.

Для проектных заданий и схем особенно крупных, охватывающих иногда целые речные бассейны, допустимым масштабом съемки является 1 : 400 000 с соответствующей схематизацией аналитической обработки. При такой схематизации съемки необходима геоботаническая карта, дающая возможность уточнить представление о почвенном покрове.

2. Производство работ в поле и организация их

а) **Состав партии.** Почвенная съемка осуществляется путем выезда в поле специальной исследовательской партии. Ввиду того что основным фактором почвообразования, подлежащим детальному изучению при мелиоративной почвенной съемке, являются грунты и грунтовые воды, в состав почвенной партии обязательно должен входить гидрогеологический отряд, если параллельно не ведется гидрогеологического специального обследования. Его задачей является изучение одновременно и совместно с почвоведами строения грунтов, их физико-химических свойств, грунтовых вод и их режима.

Параллельно, а лучше совместно, работает геоботанический отряд, собирающий данные о растительности района и облегчающий работу почвоведов.

В состав партии должна входить также походная лаборатория как для изучения в поле некоторых элементов солевого режима, так главным образом для изучения водных свойств почвогрунтов методами, которые описываются ниже.

б) **Топографическая основа.** Для получения в результате съемки почвенной карты нормальной точности необходимо располагать соответствующей топографической основой. Наиболее рационально работа осуществляется тогда, когда рабочие планшеты с нанесенным на них рельефом (ввиде горизонталей или штриховки) имеют более крупный масштаб, чем тот, в котором должна быть карта. Например, при задании иметь карту масштаба 1 : 25 000 полевые планшеты желательно иметь масштаба 1 : 10 000. В крайнем случае допустима основа того же масштаба, но никоим образом не мельче.

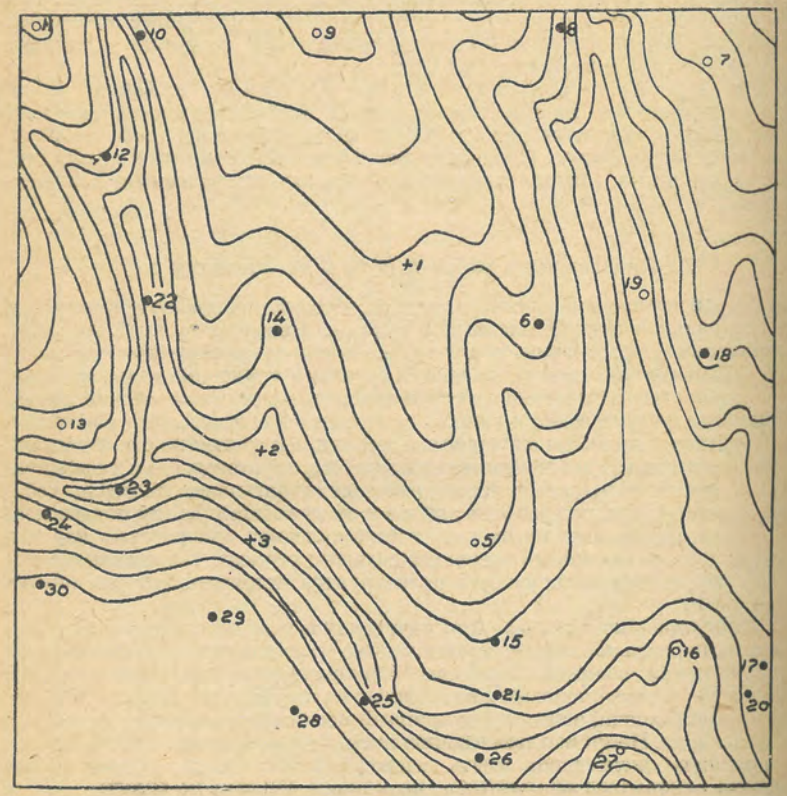
В настоящее время делаются опыты использования в качестве основы планшетов аэрофотосъемки, что является весьма многообещающим*. Весьма рационально совмещение почвенной съемки с топографической, когда почвовед в качестве основы пользуется пикетажной координатной сеткой и к ней привязывает свои разрезы и границы выделяемых почвенных разностей. Когда такой сетки в поле нет, в составе партии необходимо участие геодезиста, который увязывает инструментально необходимые разрезы, шурфы и профили.

в) **Закладка почвенных разрезов.** Основной работой в поле являются закладка разрезов и шурфов, их описание и выборка образцов и монолитов для лабораторного изучения.

---

* См. «Аэрофотосъемка», Разд. II, гл. V.

Закладка почвенных разрезов производится, исходя из следующих основных принципов: 1) они располагаются в каждой геоморфологической зоне района; 2) в пределах каждой зоны разрезами обслуживается каждая смена материнских пород; 3) в пределах каждой породы разрезы располагаются по элементам рельефа и микрорельефа.



+ Основные разрезы
○ Полуямы
● Второстепенные разрезы

Рис. 25. Распределение почвенных разрезов на карте.

Для иллюстрации приводится план распределения почвенных разрезов на карте масштаба 1 : 21 000 (рис. 25).

Почвенные монолиты выбираются двух типов: обычные музейные для детального изучения строения их в лаборатории и специальные для изучения водных свойств. Последние в зависимости от частных заданий могут быть различных размеров и формы, но для изучения фильтрационных свойств и

промывок может быть рекомендован стандартный размер с площадью сечения 20 x 20 см и глубиной 1—2 м.

Число шурфов, необходимых при данном масштабе съемки, вообще может сильно варьировать в зависимости от района, сложности его рельефа и пестроты почвенного покрова, но в среднем на основании практических данных оно может быть выражено следующей таблицей:

Масштаб съемки	1 : 420 000	1 : 126 000	1 : 42 000	1 : 21 000	1:8 400	1:4 200	1 :2 100
Площадь, которую обслужив. один разрез (в гектарах) . . .	1 500	300	50	20	4	2	1

В данном случае имеются в виду разрезы глубиной в 1,2—2,0 м. Норм для глубоких разрезов до грунтовой воды нет, но в общем нужно считать, что их требуется для характеристики единицы территории в 2—3 раза меньше.

3. Отчетные материалы по исследованиям

Результаты полевых исследований и их лабораторной камеральной обработки представляются в виде отчета об исследованиях, иллюстрируемого различными картами и профилями.

а) **Состав отчета.** Отчет состоит из следующих разделов:

1. Климатический и геоботанический очерки.
2. Описание геоморфологического строения района и рельефа его.
3. Описание гидрогеологических условий и анализ их с точки зрения влияния на почвообразование в условиях орошения.
4. Морфологическое и физико-химическое описание почвенных разностей, выделенных на карте, и мелиоративная их оценка.
5. Описание и мелиоративная оценка отдельных районов.
6. Таблица площадей почв выделенных мелиоративных категорий.

б) **Картографический материал**

1. Основная почвенная карта составляется по генетическим типам и разностям почв. На ней безусловно должны быть нанесены все почвенные разрезы, для которых в тексте даются морфологические описания и аналитические характеристики, а также все точки, в которых производились какие-либо специальные наблюдения, например, по изучению водных свойств, солевого режима и пр. Все почвенные разности, выделенные на карте, должны быть планиметрированы, и результаты этих измерений помещены в экспликации. Следует помнить, что границы почвенных разностей, проводимые на карте, всегда носят в известной мере условный характер, так как в природе таких границ нет, а почвы переходят одна в другую постепенно, переходными зонами той или иной ширины. С другой стороны, в пределах этих условных границ точность их целиком определяется точностью топографической основы и тем, наносится ли граница на окончательную карту с планшетов более крупного масштаба или того же самого. В целом все же

точность проведения границ на почвенных картах значительно ниже таковой на картах топографических и не превышает 0,25—0,125 см.

Для ориентировки приводим таблицу возможной точности почвенных карт и планов различных масштабов (по А. Красюку, причем масштабы относятся к старым картам).

Масштабы	Предел точности почвенной карты (возможное линейное смещение границ)	Предел точности изображения отдельных почвенных пятен	Примечание
1 : 1 680 000 1 : 1 050 000 1 : 840 000 1 : 420 000	2,0 км 1,25 » 1,0 » 0,5 »	2—4 км 1,25—2,50 км 1,0—2,0 км 0,5—1,0 »	Почвенные границы, нанесенные с карт более крупных масштабов
1 : 126 000 1 : 84 000 1 : 42 000	300 м 200 » 100 »	300—600 м 200—400 » 100—200 »	Карты составлены в том же масштабе, в котором производилось исследование
1 : 21 000 1 : 8 400 1 : 4 200 1 : 2 100	50 м 20 » 10 » 5 »	50—100 м 20—40 » 10—20 » 5—10 »	При условии точного изображения на планах рельефа в горизонталях

Указанные здесь пределы точности могут быть несколько повышены при работе в плановом масштабе на основе разбитого пикетажа и пользуясь измерительными приборами.

в) **Картограммы почвенных признаков.** Кроме основной карты весьма желательно составление картограмм отдельных существенных признаков, как например, механического состава, фильтрационных свойств, степени осолонения и солонцеватости.

г) **Карта мелиоративных районов.** Пока еще не установлено общепринятых приемов разделения на мелиоративные районы.

Как минимум всегда необходимо выделить на карте следующие почвенно-мелиоративные районы:

1. Регулирование солевого режима:

а) регулирования не требуется, угрозы вторичного засоления нет;

б) почва допускает непосредственное с.-х. использование, но угрожаема по вторичному осолонению (требуются профилактические мероприятия по регулированию солевого режима).

в) почва осолонена и не может быть использована без предварительных промывок (свыше 0,5% всех водорастворимых солей). (Далее следует дифференцировать по условиям промывок: с дренажем, без дренажа и т. д.).

II. Другие виды мелиораций:

а) планировка,

б) раскорчевка,

в) защита от паводков и селей и т. д.

Почвенные исследования, исходя из естественно-исторических данных, намечают лишь принципы мелиораций и на карте указывают границы приложимости этих принципов. В проекте могут быть приняты существенно различные варианты каждого принципа, и тогда границы каждого из них должны быть в последующем порядке нанесены на почвенную карту проектировщиком.

д) **Гидрогеологические карты.** Для характеристики гидрогеологических условий почвообразования даются:

1) карта грунтов с профилями, иллюстрирующими взаимоотношения отдельных слоев между собой, 2) карта глубин грунтовых вод, 3) карта солености их и 4) карты гидроизогипс.

ГЛАВА IX

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ И ГРУНТОВ

В целях мелиоративных является необходимым подвергнуть почвогрунты следующим исследованиям:

1) химический анализ,
2) механический анализ,
3) физические свойства,
4) водные свойства.

§ 24. Физико-химические свойства почв

1. Методы физико-химических исследований

а) **Солевой состав** почв, известь, гипс и гумус определяются обычными аналитическими методами. В водной вытяжке необходимо всегда расчленять щелочность натровую и щелочных земель. Настаивание и периодическое взбалтывание почвы с водой 24 часа.

б) **Емкость поглощения** и количество поглощенного натра в карбонатных почвах возможно определять универсальным методом акад. К. К. Гедройца.

в) Экспериментальные данные **о возможности развития солонцовых явлений** при промывках получаются двумя способами:

1) Методом последовательных водных вытяжек из одной и той же навески почвы.

В каждой вытяжке определяются хлор, серная кислота, щелочность общая и натровая. В специальных случаях желательно определение Ph, кремнекислоты, полуторокисей и органического вещества. Кроме того, всегда определяется дисперсность методом пипетки, для чего вытяжка делается не 3-минутная, а 24-часовая, и после этого срока отстаивания берется фракция ила тоньше 0,001 мм. Фильтрацию вытяжек возможно производить через пористые свечи Беркфельда.

2) Методом промывки монолитов отдельных почвенных горизонтов и всего профиля в целом. Практически достаточно монтировать такие монолиты высотой до двух метров. (Методика монтировки см. § 25)

При этих опытах регистрируется, помимо расходов воды, солевой состав фильтратов с обязательным разделением щелочности на натровую и щелочноземельную, а также мутность фильтрата, если таковая появляется.

Ход подобного анализа излагается в специальных курсах* и проводится в почвенно-химических и геологических лабораториях.

2. Некоторые простейшие химические исследования грунтов в поле

1) Наличие и количество $CaCO_3$ обнаруживается вскипанием и его степенью при падении на грунт капель HCl.

2) Наличие окислов железа часто обнаруживается при осмотре грунта благодаря их красно-бурой окраске. Так красно-желто-бурая окраска кварцевого песка, исчезающая после погружения песка в раствор HCl, свидетельствует о наличии окислов железа.

3) Реакция грунта и грунтовой воды в натуре испытывается лакмусовой бумагой, при быстром и сильном покраснении лакмусовой бумажки следует грунт и грунтовую воду направить в химическую лабораторию для определения степени и характера кислотности.

Имея водную вытяжку, можно обнаружить наличие содержащихся в ней элементов.

Cl. К 5 см³ вытяжки прибавляют несколько капель HNO_3 и затем по каплям децинормальный раствор $AgNO_3$. Появление слабой опалесценции показывает присутствие Cl в тысячных долях процента, ясная опалесценция — в сотых и выпадение хлопьевидного осадка — в десятых долях процента.

SO_4. К 5—10 см³ вытяжки прибавляют несколько капель HCl, кипятят в пробирке, прибавляют 1—2 см³ нормального раствора $BaCl_2$ и снова нагревают. Появление слабой мути говорит о присутствии SO_4 в тысячных долях процента, сильной мути — в сотых, осадка — в десятых.

Ca″.К 10—20 см³ вытяжки прибавляют несколько капель уксусной кислоты, кипятят, приливают двойной раствор $(NH_4)_2 C_2O_4$. Появление слабой или сильной мути или осадка показывает присутствие Ca″ в соответствующем количестве.

Fe′. К 10 см³ вытяжки прибавляют раствор красной синильной соли; в присутствии Fe″ получится синеватое окрашивание.

Fe″. К 5 см³ вытяжки прибавляют несколько капель HCl и приливают роданистый калий: при наличии получится красное или розовое окрашивание.

HNO_3. К 10 см³ вытяжки прибавляют по каплям раствор дифениламина в серной кислоте; при наличии HNO_3 получится синее окрашивание.

3. Механический, или гранулометрический, состав

Механический состав почвы и грунта, или его текстура, дает возможность в общем виде судить о целом ряде существенных физических свойств почвы. Так, например, поскольку в механическом составе преобладает глинистая фракция, постольку соответственно увеличивается общая поверхность частиц в единице объема данной почвы, увеличиваются максимальная гигроскопичность, предельная высота капиллярного поднятия, набухание, испарение и т. д., словом, изменяются все физические свойства,

* См. К. К. Гедройц. «Химический анализ почвы»; М. В. Иванова. «Методы исследования грунтов», стр. 31—47, 1930 г.

которые находятся в функциональной зависимости от поверхности частиц; в связи с этим водо- и воздухопроницаемость глинистой почвы будут находиться в минимуме. С другой стороны, чем грунт содержит больше песка, тем более физические свойства его будут диаметрально противоположны физическим свойствам глинистого грунта.

а) **Роль механического анализа.** В настоящее время построен ряд формул, увязывающих физические свойства грунта с механическим составом его. Анализ формул показывает, что чем больше мы отвлекаемся от естественной почвы со всеми присущими ей, как естественно-историческому телу, химическими и биологическими процессами, тем влияние механического состава на физические свойства резче выразится, тем большая наблюдается сходимость результатов, вычисленных по формуле и определенных экспериментальным путем. Если же мы обратимся к почвогрунту, залегающему в природной обстановке, то в этом случае показатели водных и других физических свойств почвы могут резко отличаться от показателей, выводимых на основе механического состава. Поэтому нельзя при суждении о физических свойствах грунта исключительно базироваться на одном механическом составе. Механический состав является одним из элементов, характеризующих грунт со стороны физических свойств. Для полного представления о физических свойствах необходимо принять во внимание весь комплекс признаков, характеризующих грунт. Из них отметим: 1) сложение, 2) скважность, 3) структурность, 4) прочность структурных отдельностей — сопротивление раздавливанию и размывающему действию воды, 5) влагоемкость, 6) пластичность, 7) химизм грунта.

б) **Сущность механического анализа.** Провести полный механический анализ почвы — это значит разделить почву помощью определенных приемов и методов на отдельные однородные ее составляющие группы элементов по величине их диаметра и количественно определить каждую из найденных групп.

Это разделение осуществляется разными методами, в основу которых положены следующие принципы:

1) Крупные элементы $d > 0{,}25$ мм разделяются на отдельные группы по величине их диаметра при помощи определенной системы сит, диаметр отверстий коих лежит в пределах от 10 до 0,25 мм.

2) Для разделения элементов $d < 0{,}25$ мм применяются нижеследующие методы:

а) метод отмучивания (гидравлический), в основу которого положены законы падения твердых тел в спокойной водной среде (метод проф. Вильямса, Сабанина, Аттерберга и др.);

б) метод вымывания элементов почвы током воды. Ток воды с определенной скоростью, направленный снизу вверх, выносит из взвеси (вода+почва) все те частицы, скорость падения коих в воде меньше скорости струи. Эта скорость тока определяет размер частицы (см. также Раздел III, § 42, п. 3).

Плотность раствора (вода + почва) имеет существенное значение. От нее зависит и вязкость жидкости; последняя влияет на скорость падения частиц. Надо стремиться к такой плотности раствора, при которой вязкость была бы близка к вязкости воды при комнатной температуре, т. е. 0,01114.

Поэтому нужно брать навеску для анализа не более 10 г на литр воды (см. табл. на стр. 486).

3) Приблизительное определение текстуры дает очень простой метод Рутковского,* применяемый при исследовании строительных свойств грунтов. Для определения содержания глины в мензурку высотой 25 см и емкостью 100 см³ всыпают столько грунта, чтобы он

* См. М. В. Иванова. «Методы исследования грунтов», 1933 г., стр. 21—22.

Таблица соотношения скорости падения V и диаметров частиц по CGS системе

Диаметр частиц (в см)	По Стоксу при 15°С	По Стоксу при 25°С	По Шене
0,005	0,2035	0,2589	0,2077
0,004	0,1239	0,1657	0,1463
0,0025	0,04689	0,0596	0,0844
0,001	0,00812	0,01035	0,0165
0,0005	0,00204	0,00259	0,00557
0,0002	0,00033	0,00041	0,00132
0,0001	0,00008	0,00010	0,000444
0,00005	0,000020	0,000026	0,000149
0,00001	0,0000008	0,000001	0,0000119

По формуле Шене $d = 0{,}01314 \sqrt[n]{V^7}$

Диаметр частиц (в мм)	Гидравлическая величина фракций (в мм/сек)
$< 0{,}01$	0,2
0,01—0,02	0,5
0,02—0,05	2,0
0,05—0,1	7,0
0,1—2,0	25,0

после постукивания мензурки о каучуковую подушку занял объем 5 см³, вливают 50—60 см³ воды и размешивают стеклянной палочкой, пока не исчезнут мазки глины на стенках мензурки. Доливают мензурку до 100 см³ и оставляют стоять, пока образуется неизменный уровень осадка. О содержании в грунте глины судят по приращению объема осадка по сравнению с объемом сухого грунта, руководствуясь следующей таблицей.

Приращение объема на 1 см³	Процент глины	Приращение объема на 1 см³	Процент глины
4	90,70	1,75	39,68
3,75	85,03	1,50	34,00
3,50	79,36	1,25	28,34
3,25	73,67	1,00	22,67
3,00	68,01	0,75	17,00
2,75	62,35	0,50	11,33
2,50	56,68	0,25	5,66
2,25	51,01	0,12	2,72
2,00	45,25		

Для определения содержания песка в ту же мензурку всыпают 10 см³ грунта, доливают воды до 100 см³ и размешивают. Через 90 секунд мутная жидкость на высоту 18 см осторожно сливается сифоном (вместе с ней удаляются частицы с $d < 0{,}05$ мм), мензурка вновь доливается водой до 100 см³, и через 90 секунд верхняя ее часть на высоту 18 см вновь сливается. Эта операция повторяется, пока вода станет прозрачной и в нижней части останется лишь песок с $d > 0{,}05$ мм. Принимая каждый 1 см³ осевшего песка за 10% содержания песка в грунте, вычисляют полное содержание в грунте. Наконец, вычитая из 100 найденные проценты глины и песка, получают и процент пыли.

Весьма приближенно судят о текстуре грунта, насыпав щепотку его на металлическую пластинку с нанесенной на ней сеткой в 0,25 мм и определяя с помощью лупы.

в) **Форма частиц.** Форма частиц рассматривается с точки зрения занимаемого ими объема.

По объемной форме частицы могут быть округлые, угловатые, плоские и чешуйчатые. Все эти формы являются результатом спайности тех минералов, из которых образовались частицы. Так слюдяные частицы обладают параллельной спайностью, поэтому они имеют плоскую форму. Частицы кварца и полевого шпата имеют угловатую или округлую форму, так как плоскости спайности этих минералов расположены под углом около 90°, и в результате большего или меньшего растирания они приобретают форму от округлой до угловатой. Чешуйчатая или таблитчатая форма частиц свойственна илистым элементам. Эта форма отличается от плоской тем, что отношение толщины частиц к ее ширине и длине у чешуйчатых частичек гораздо больше.

По отношению к поверхности различаются формы гладкие и шероховатые; обе эти формы являются результатом большего или меньшего перетирания частиц. В аллювиальных и ледниковых отложениях преобладают частицы с гладкой поверхностью. Частицы, происшедшие из трудно выветриваемых минералов, имеют гладкую поверхность, из легко выветриваемых минералов — шероховатую.

№	Фракция		Размер зерен в мм	Примечание
1	Камни и валуны	очень крупные	800	Фракции песка являются обычно обломками минералов, чаще всего кварца, процентное содержание которого увеличивается по мере уменьшения крупности. Пыль состоит главным образом из измельченного кварца, частично из аморфной кремневой кислоты, и может содержать примеси слюды, углекислой извести и др. Глина состоит из тончайше измельченного каолина, алюмосиликатов и ферросиликатов окислов железа, марганца, гидратов окиси железа, карбонатов кальция, гумуса и др.
2		крупные	800—400	
3		средние	400—200	
4		булыжник	200—60	
5	Галька и дресва		60—20	
6	Гравий и хрящ	крупный	20—10	
7		средний	10—4	
8		мелкий	4—2	
9	Песок	очень крупный	2,0—1,0	
10		крупный	1,0—0,5	
11		средний	0,5—0,25	
12		тонкий	0,25—0,10	
13		очень тонкий	0,10—0,05	
14	Пыль	крупная	0,05—0,01	
15		тонкая	0,01—0,005	
16	Глина		0,005—0,002	
17	Коллоидная глина		$< 0{,}002$	

Классификация продуктов механического анализа

Классификация грунтов для инженерных целей (строительство, дорожное дело и др.) несколько иная. В таблице приводится классификация близко сходная с классификацией Земятченского, принятой в НКПС СССР (Bureau of Soils, САШ), а также ряд других классификаций.

Диаметр фракций (в мм)	По Вильямсу	По Британской системе	По системе США	По международной системе
10	Камни			
10—5	Хрящ крупный	крупный гравий	Гравий	Гравий
5—2	Хрящ мелкий			
3—1	Песок крупный	Мелкий гравий	Мелкий гравий	Песок
1—0,5	Песок средний	Крупный песок	Крупный песок Средний песок	
0,5—0,25	Песок мелкий			
0,1—0,2	Пыль песчаная	Мелкий песок	Мелкий песок Очень мелкий песок	Мелкий песок
0,05—0,01	Пыль крупная	Ил	Ил	Ил
0,01—0,005	Пыль средняя			
0,005—0,001	Пыль мелкая	Тонкий ил		
<0,001	Ил	Глина	Глина	Глина

4. Классификация почв и грунтов по механическому (гранулометрическому) составу

При механическом анализе грунт разбивается на ряд фракций, или смесей, со строго определенными и узкими пределами размеров частиц. Пределы эти до сих пор не унифицированы, названия фракций также. В следующей таблице дается сводка наиболее распространенных классификаций.

Для классификации почвогрунтов по механическому составу имеется несколько шкал.

а) Принятая в СССР классификация, в основу которой положено отношение глинистых частиц тоньше 0,01 мм к песчаным крупнее 0,01 мм двухчленная классификация), приведена в следующей таблице:

Название почвы	Отношение <0,01 мм / >0,01 мм	Глины (в процентах)	Песка (в процентах)
Глинистая почва	1 : 0,5 до 1	50	50
Тяжелый суглинок	1 : до 3	25	75
Средний суглинок	1 . 4	20	80
Легкий суглинок	1 : 5 до 6	14,0	86,0
Супесь	1 : 7 до 10	9,0	91,0
Глинистый песок	1 : 15 до 50	2,0	98,0

б) **Тумин** уточнил двухчленную формулу, предложив **трехчленную**, в которой второй член («физической песок») разделяется на песок в тесном смысле слова (частицы крупнее 0,1 мм) и песчаную пыль (0,1—0,01).

Название грунта	Количество частиц (в процентах) Песчаных 0,1 мм	Глинистых 0,01	Пылеватых 0,1—0,01
Глина без песка	до 2	50 и более	до 48
Глина с песком	2—12	50 и более	до 48
Тяжелый суглинок	12—20	45—55	25—43
Средний суглинок	20—30	35—45	25—45
Легкий суглинок	30—40	25—35	25—45
Суглино-супесь	40—50	15—25	25—45
Супесь	50—60	10—20	20—40
Пески	60 и более до 10%		до 30%

Трехчленная классификация, близкая к классификации конференции автодорожного транспорта, для применения в дорожном и строительном деле. (См. стр. 491).

в) **Проф. Вильямс** предложил такую классификацию почвогрунтов:

Основные типы:

I. Хрящевые почвы содержат больше . . . . . 80% хряща
II. Песчаные » » » . . . . . 60% песка и около 1% ила
III. Пылеватые » » » . . . . . 50% пыли и меньше 5% ила
IV. Иловатые » » больше 7% ила и меньше 10% песка, остальное — пыль

Подтипы:

I. Хрящевато-иловатые, если хряща до 80%, а ила >5%
II. Песчано-иловатые, если песка до 60%, а ила >4%
III. Иловато-пылеватые, если до 50% пыли, а ила >5%
IV. Иловато-хрящевые, если до 20% ила и >30% хряща
V. Иловато-песчаные, если до 20% ила и >30% песка
VI. Иловато-пылеватые, если до 20% ила и >40% пыли

г) **Для лессовых грунтов** Средней Азии принята классификация грунтов по механическому составу:

Основные группы		Отношение физической глины к песку	Процентное содержание физической глины
1. Глинистые	тяжелые	1 : 0,5 и меньше	Больше 66
	средние	1 : 0,5—1	66—50
	легкие	1 : 1—1,5	50—40
2. Суглинистые	тяжелые	1 : 1,5—2	40—33
	средние	1 : 2—3	33—25
	легкие	1 : 3—4	25—20
3. Супесчаные		1 : 4—6	20—14
4. Песчаные		1 : 6—10	14—9
5. Рыхлопесчаные		1 : 10 и менее	меньше 9

д) В США принята шкала, установленная Бюро почв М.-ва Земледелия.

Классификация грунтов по механическому составу

Название почвы	Мелкий гравий 2—1 мм	Крупный песок 1—0,5 мм	Песок средний 0,5—0,25 мм	Мелкий песок 0,25—0,1 мм	Тонкий песок 0,1—0,05 мм	Ил 0,05—0,005 мм	Глина 0,005 мм
Крупный песок	12	31	19	20	6	7	5
Песок	2	15	23	37	11	7	5
Мелкий песок	1	4	10	57	17	7	4
Песчаный суглинок	4	13	12	25	13	21	12
Мягкий песчаный суглинок	1	3	4	32	24	24	12
Суглинок	2	5	5	15	17	40	16
Илистый суглинок	1	2	1	5	11	65	15
Песчано-глинистый суглинок	2	8	8	30	12	13	27
Глинистый суглинок	1	4	4	14	13	38	26
Илисто-глинистый суглинок	0	2	1	4	7	61	25
Глины	1	3	2	8	8	36	42

5. Агрегатный состав и динамика дисперсного состояния почвы

Механический (гранулометрический) состав почв характеризует многие функциональные физические свойства почв, как например, водопроницаемость, влагоемкость, связность и пр. Это соответствие между механическими фракциями и функциональными свойствами оказывается наиболее полным для почв и грунтов раздельнозернистых, типа песков, и обычно оно мало или даже его совсем нет для почвогрунтов глинистых и суглинистых. Причина этого расхождения заключается в том, что в естественных почвах тонкие механические элементы (тоньше 0,01 мм и особенно тоньше 0, 001 мм) не находятся в раздельнозернистом состоянии, а в большей или меньшей степени соединены в комочки (агрегаты) различных крупностей от легко различаемых глазом (1 мм и больше) и до очень мелких (тоньше 0,01 мм — микроагрегаты). Эти агрегаты играют в почвогрунте роль механических элементов и естественно тем самым затемняют, а иногда и совершенно извращают связь между функциональными свойствами почвы и ее элементарным механическим составом.

№	Название грунта	Содержание фракций (в процентах по весу)		
		Песок 2—0,1 мм	Пыль 0,1—0,005 мм	Глина 0,005 мм
1	Песок чистый	> 92	< 5	< 3
2	» загрязненный	92—77	5—20	< 3
3	» пылеватый	77—50	20—47	< 3
4	Супесь легкая	больше, чем пыли	меньше, чем пыли	3—6
		77—80		
5	» легкая пылеватая	меньше, чем пыли	больше, чем песка	3—6
6	Супесь тяжелая	больше, чем пыли	меньше, чем песка	6—10
7	» тяжелая пылеватая	меньше, чем пыли	больше, чем песка	6—10
8	Суглинок легкий	больше, чем пыли	меньше, чем песка	10—15
9	» легкий пылеватый	меньше, чем пыли	больше, чем песка	10—15
10	Суглинок средний	больше, чем пыли	меньше, чем песка	15—20
11	» средний пылеватый	меньше, чем пыли	больше, чем песка	15—20
12	Суглинок тяжелый	больше, чем пыли	меньше, чем пыли	20—30
13	» тяжелый пылеватый	меньше, чем пыли	больше, чем песка	20—30
			больше, чем глины	> 30
14	Глина пылеватая	< 30	меньше, чем песка	30—60
15	» обыкновенная	35—20		> 60
16	» тяжелая			

Примечание. 1. Если фракция ила (0,01—0,005) больше фракции крупной пыли (0,1—0,01), то пылеватые грунты именуются иловатыми.

2. При наличии в грунте гравия в количестве больше 10% грунты получают дополнительное прилагательное «гравелистый».

Кроме того, наличие агрегатов придает почве еще одно исключительно важное свойство, а именно динамичность ее агрегатного или дисперсного состояния. Эта динамичность определяется тем, что агрегаты и главным образом микроагрегаты обладают весьма разной прочностью и под влиянием целого ряда факторов то разрушаются, то вновь возникают. Этими факторами являются состав поглощенных оснований почвы, биологические процессы, протекающие в почве, растворенные соли, увлажнение и высыхание, замерзание. Амплитуда колебаний дисперсности весьма велика и осуществляется она во времени непрерывно, многократно изменяясь, например, в течение одного лета. Эти положения можно иллюстрировать следующими примерами:

а) Одна и та же почва (кубанский чернозем) изменяет свой механический состав в зависимости от насыщающего ее катиона следующим образом:

Размеры механических элементов

	Миллиметры			Микроны (0,001 мм)					
	0,25—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	1,0—0,54	0,54—0,40	0,40—0,28	0,28—0,22	Тоньше 0,22	Сумма тоньше микрона
Насыщено Ca+Mg	15,2	26,3	15,6	10,6	20,8	4,0	1,2	1,3	37,9
» Na	13,0	19,2	5,6	2,6	4,3	3,2	1,8	45,3	57,9

Каштановая почва в лабораторном опыте изменяла свою дисперсность (количество частиц тоньше 0,001 мм) в течение 30 дней под влиянием протекающих в ней биологических процессов следующим образом:

Число дней от начала опыта	0	6	12	18	24	30
Относительное количество фракции тоньше 0,001 мм	100	136	142	157	155	194

б) Почва одного и того же поля в Голландии, взятая во влажном и сухом состоянии, дала следующие различия своего механического состава:

	Тоньше			
Размер фракции	0,002 мм	0,002—0,02	0,02—0,2	0,2—2,0
Влажная почва	42,0%	31,8	16,9	0,3
Сухая почва	25,5	36,7	28,6	0,4

Соответственно периодическим изменениям дисперсности почвы должны изменяться и другие свойства ее, однако количественное изучение связи этих двух явлений еще только начато. В настоящее время необходимо считать, что для характеристики физических свойств почвы недостаточно одного механического анализа, а нужна система анализа, слагающаяся из следующих элементов:

1. Элементарный механический анализ.
2. Агрегатный анализ.
3. Определение прочности агрегатов.
4. Определение амплитуды колебаний дисперсности под влиянием отдельных факторов, ее определяющих.

6. Удельный и объемный вес почвы или грунта и порозность (скважность)

а) **Удельным весом** называется отношение веса твердых ее частиц (твердой фазы) к весу равного объема воды. Удельный вес почвы или грунта является признаком, дающим до некоторой степени указание на состав первичных минералов, входящих в них. Определение удельного веса производится при помощи пикнометра или тяжелых жидкостей.

б) **Объемный вес** почвы или грунта — это вес единицы объема почвы или грунта с естественным ненарушенным строением, высушенной при 103—105° С.

Объемный вес дает дополнительную характеристику как почвенных типов, так и почвенных разностей внутри типа: позволяет судить о передвижении массы породы из одних горизонтов в другие, дает представление о степени уплотнения почвы. Объемный вес необходим для вычисления веса почвенного напластования, порозности, запаса воды в почве.

Для его определения берут вес пробы грунта без тары, определяют наличную влажность грунта и вычисляют сухой вес пробы: деля его на объем пробы, получают объемный вес грунта.

Для взятия образцов грунта в ненарушенном его строении употребляются режущие буры Копецкого, Бурмачевского, Некрасова, Колесникова и др.*

Заслуживает внимания бур Пауеля-Петрова, которым можно брать монолиты площадью основания 100 см², высотой 20 см с глубин до 5 м. Монолит вырезается кольцеобразной щелью, образуемой вращением наружного патрона, и выбирается и вынимается внутренним патроном.**

Аналогичным прибором можно достать монолит связного грунта с глубины до 30 м. В других случаях пробы с больших глубин берут из скважин больших диаметров (около 30 см) с обсадной трубой, опуская в скважину трубу меньшего диаметра (до 10 см) с забирающим прибором внизу.

При наличии шурфов монолит высотой до 2 м и площадь в основании до 0,25 м² можно вырезать непосредственно ножом или лопатой. Размеры таких больших монолитов измеряются штангенциркулем. Если монолит мал или имеет неправильную форму, его объем определяется или засыпкой дробью до определенного объема (по Мейеру), или погружением монолита, предварительно обтянутого тонкой резиновой оболочкой, в воду (по Израельсену), или погружением в воду пробы, предварительно покрытой тонким слоем белого спиртового лака (по Панкову) или парафина, или погружением пробы в ртуть, или наконец объемометрами Тетмайера, Гиршвальда и др.

в) **Скважность, или пористость,** т. е. суммарный объем всех пор, имеющихся в 1 см³ внешнего объема грунта, вычисляется по равенству:

$$p = 1 - \frac{\gamma}{\delta} = 1 - \frac{\text{объемный вес грунта}}{\text{удельный вес частиц}},$$

Скважность сильно влияет на водопроницаемость грунта, сопротивление его вертикальному давлению и другие свойства; поэтому для точности ее определяют несколько раз.

Коэфициентом пористости или приведенной пористостью по Терцаги называют отношение объема пор к объему твердой фазы грунта:

$$\varepsilon = \frac{p}{1-p}.$$

При наличии прочих равных условий химизм и биология почвы в значительной мере зависят от скважности почвы. С другой стороны, ни один гидротехнический расчет не может обойтись без учета скважности грунта. Знание скважности и влагоемкости орошаемой почвы является чрезвычайно важным условием правильной постановки орошения, ибо этими свойст-

* Описание см. в отделе «Физические свойства почвогрунтов» о буре Колесникова; Каменский Г. Н. Основы динамики подземных вод, 1933, стр. 57.
** Описание см. Н. В. Поляков. «Основы мелиор. грунтоведения», 1933, стр. 111.

вами определяется потребление воды в самой почве и, следовательно, величина поливных норм.

Кроме количественного определения порозности нужно иметь еще в виду качество пор. В одном случае пор может быть больше, но размеры их меньше, в другом пор мало, но размеры их велики. Общий объем и в том и в другом случае может быть одинаков, и в то же время обе почвы будут функционировать различно.

Скважность почвогрунтов зависит: 1) от величины почвенных частиц, 2) формы их, 3) количества коллоидов, 4) плотности сложения грунтов. Чем мельче частицы, тем скважность будет большей; чем форма частиц больше приближается к кубической форме, тем скважность будет меньше, и, наоборот, с приближением формы частиц к неправильной, многогранной скважность увеличивается. Чем плотнее сложен грунт, тем скважность меньше. Наличие в грунте вымытых коллоидов, которые заполняют капиллярные и некапиллярные промежутки грунта, обусловливает наименьшую скважность. Исходя из того, что на плотность грунта указывает его объемный вес, который в зависимости от плотности грунта варьирует от 1,1 до 1,9, а удельный вес остается примерно одинаков (2,6—2,4), то по объемному весу можно судить о скважности почвы.

С другой стороны, зная механический состав и объемный вес грунта, можно с достаточной вероятностью судить не только об общей скважности, но и дать ей качественную оценку, а именно, чем больше объемный вес и чем мельче механический состав, тем скважность меньше, тем в большей степени будет выражена капиллярная скважность.

Для иллюстрации приводим данные, характеризующие удельный, объемный веса различных почвогрунтов (табл. стр. 495 и 496).

§ 25. Водные свойства почвогрунтов

1. Влажность

Влажностью грунта называется отношение количества или веса воды в грунте к весу сухого грунта.

Наличная влажность определяется разностью веса образца при данной влажности и весом образца, высушенного до полного удаления воды. Деля эту разность на вес сухого образца, получают влажность, отнесенную к сухому весу. Важно каждый раз относить влажность к объему пор образца и получать степень наполнения пор водой; для этого указанная разность весов делится на произведение скважности на внешний объем образца.

Наличная влажность определяется также спиртовым методом — сравнением начальной крепости взятого спирта и получившейся после погружения влажного образца грунта в спирт *, карбидным способом по Мэсону и Бутову **, оптическим способом по Г. И. Покровскому. ***

2. Водопроницаемость почвогрунтов

Водопроницаемостью почвогрунтов называется их способность проводить через себя воду под влиянием силы тяжести.

Водопроницаемость различных почвогрунтов различна.

На скорость просачивания (фильтрацию) воды через толщу почвогрунта влияет целый ряд факторов: механический состав грунта, структурность, порозность, присутствие растворимых солей, температура и т. д.

* М. В. Иванова. «Методы исследования грунтов», стр. 82—84.
** Н. В. Поляков. «Основы мелиоративного грунтоведения», 1933 г., стр. 119—122.
*** Г. И. Покровский. «Грунтоизыскания в 1925—1933 гг.», Москва, 1930.

Удельный вес, объемный вес и порозность почвенных профилей * разных районов СССР

Название почвы и местонахождение	Горизонт	Глубина (в см)	Объемный вес	Удельный вес	Скважность
1	2	3	4	5	6
Легкий суглинок средней оподзоленности.	—	0—10	1,087	2,63	58,7
	A_1	15—20	1,464	2,71	46,0
	A_2	25—30	1,436	2,69	46,7
Ярцевский уезд. Западная с.-х. станция. Смоленская обл.	B_2	35—40	1,400	2,72	48,2
	B_1	55—60	1,468	2,76	46,8
	B_2	80—90	1,542	2,77	44,6
Средний суглинок на типичном лессе. Сильно оподзоленная почва.	A_1	0—5	1,260	2,58	51
		5—15	1,260	2,63	52
	A_2	15—25	1,435	2,62	45
		25—35	1,535	2,66	42
Горки, Оршанского округа, БССР	B_1	35—45	1,501	2,66	44
	B_2	45—55	1,520	2,67	43
		85—95	1,472	2,70	45
	B_3	95—105	1,506	2,71	44
		115—125	1,438	2,73	47
		145—155	1,454	2,73	47
		155—165	1,411	2,68	47
Перегнойно-подзолисто-глеевая почва заболоченная.	A_1	0—5	0,500	2,32	78,4
		5—10	0,900	2,44	63,1
		10—15	1,600	2,56	35,1
Ленинградская обл., Областная с.-х. станция	A_2	15—20	1,780	2,59	31,2
		25—30	1,710	2,61	34,4
	A_3	30—35	1,900	2,62	27,4
		40—45	1,880	2,66	29,3
	B	45—50	1,980	2,65	25,2
		60—65	1,810	2,65	31,6
		65—70	1,810	2,65	31,6
Обыкновенный чернозем.	A_1	0—10	1,1354	2,54	55,3
		20—30	1,1427	2,56	55,3
		46—50	1,1161	2,57	54,8
Хреновская станция б. Воронежской губ.	A_2	50—60	1,248	2,57	51,4
	B_1	60—70	1,245	2,58	51,7
	B_2	70—80	1,3189	2,58	48,8
		90—100	1,3848	2,61	46,9
Юго-западный причерноморский чернозем на лессе. Одесса	A	10—15	1,169	2,59	54,8
		30—45	1,073	2,63	59,1
		50—55	1,281	2,62	51,1
	B_1	60—65	1,349	2,63	48,7
	B_2	90—95	1,391	2,64	47,3
	B_3	140—145	1,409	2,67	47,2
		170—175	1,226	2,68	54,2
	C	200—250	1,299	2,69	51,0

* А. Ф. Лебедев и Е. Е. Баукова. «Физическая характеристика почвенного профиля».

Название почвы и местонахождение	Горизонт	Глубина (в см)	Объемный вес	Удельный вес	Скважность
1	2	3	4	5	6
Слитой выщелоченный чернозем.	*A*	0—5	1,097	—	—
		5—10	1,039	2,65	60,7
Ейская с.-х. станция, Донского окр.	A_2	20—30	1,254	2,68	53,2
	B_1	30—40	1,305	2,68	51,3
		60—70	1,546	2,69	42,6
	B_2	70—80	1,592	2,69	40,9
		100—110	1,653	2,70	39,0
	Cl	110—120	1,633	2,70	39,7
		130—140	1,697	2,72	37,3
	O_2	160—170	1,594	2,72	41,7
		200—210	1,604	2,75	41,6
Глубоко-столбчатый черноземный солонец:	*Al*	0—12	1,136	2,55	55,4
	Bl	12—22	1,516	2,56	40,7
	B_2	22—32	1,408	2,59	45,6
Хреново, б. Воронежской губ.	B_3	52—62	1,524	2,63	42,0
	C	72—82	1,594	2,60	38,6
		92—100	1,508	2,65	43,4
Бурая легко суглинистая почва, слабо засоленная на арало-каспийском слоистом гипсоносном суглинке. Эльтон.	*A*	0—10	1,250	2,67	56,9
	Bl	10—20	1,323	2,68	50,6
	B_2	20—30	1,391	2,67	47,9
	Cl	40—50	1,616	2,69	39,4
	C_2	70—80	1,597	2,71	41,0
		90—100	1,480	2,73	45,7
Бурая почва, сильно солонцеватая, с признаками солончаковости:	*Al*	0—10	1,508	2,60	41,9
	Bl	10—20	1,440	2,64	45,5
	B_2	20—30	1,518	2,62	42,1
Эльтон	*Cl*	40—50	1,612	2,68	39,9
	C_2	60—70	1,630	2,68	39,2
		90—100	1,496	2,67	44,0
Серозем. Голодная степь, Опытно-оросит. станция	I	0—15	10,3	2,70	62
	II	15—30	1,23	2,72	55
	III	30—70	1,26	2,74	54
	IV	70—100	1,36	2,72	51
	V	170—500	1,37	2,74	50
Аллювиальные грунты Мугани. Муганская оросит. станция	Гумус	0—10	1,12	2,68	50,56
		10—25	1,22	2,71	54,82
	Песч.	25—39	1,18	2,75	57,10
		39—47	1,21	2,75	55,82
		47—67	1,21	2,75	55,82
		88—108	1,47	2,71	45,76
	Глина	126—149	1,27	2,75	53,37

Почвогрунты, состоящие из большого числа илистых частиц, менее проницаемы, чем почвогрунты, состоящие из более крупнозернистых частиц.

Структурные почвогрунты более водопроницаемы, чем бесструктурные.

Водопроницаемость пропорциональна также порозности почвы.

Однако это положение действительно только для почвогрунтов, одинаковых по механическому составу, ибо мелкозернистые почвогрунты, имеющие иногда большую порозность, менее водопроницаемы, чем почвогрунты с меньшей порозностью, но более крупнозернистые.

Почвогрунты, засоленные солями, способными коагулировать мельчайшие почвенные частицы (например $CaCl_2$), более водопроницаемы, чем почвы, засоленные солями, действующими распыляюще на структурные и микроструктурные агрегаты почвенных частиц (например, Na_2Co_3).

При повышении температуры водопроницаемость почвогрунтов увеличивается и, обратно, при понижении уменьшается.

Для определения водопроницаемости и характеризующего ее коэфициента фильтрации почвогрунтов существует много методов (см. разд. IV, § 16—19).

Изменения коэфициента фильтрации. В связи с динамикой дисперсного состояния коэфициент *K* обычно меняется во времени и иногда весьма существенно. Это можно видеть из следующих примеров:

а) Коэфициент фильтрации каштановой почвы:

Даты наблюдений	31/III	5/IV	10	15	20	25	30	5/V	10	13
Величина *K*	0,0004437	0,0003035	0,0002254	0,0001723	0,0001121	0,0001043	0,0000753	0,0000611	0,0000544	0,0000533

б) Значения коэфициента фильтрации, полученные на монолитах:

Наименование грунтов	Коэфиц. фильтрации см/сек	Примечание
Пески (частиц<0,01мм от 0,85% до 2,19%)	от 0,0013 до 0,009	Данные, полученные в лаборат. ВНИИГиМ на монолитах, взятых в Поволжье и др. районах
Частицы от 0,25 до 0,12 мм	от 0,019 до 0,020	
Частицы от 1,0 до 0,5 мм	0,20	
Частицы 1 мм	0,49	
Супеси (частиц < 0,01 мм 15%)	0,0003—0,0008	
Легкие и средн. суглинки карбонатные (частиц < 0,01 мм 20—25%)	0,0002—0,0009	
Легкие и средние суглинки бескарбонатные (частиц < 0,01 мм 20—15%)	0,00005—0,00009	
Тяжелые суглинки (карбонатные)	0,0001—0,00006	
Тяжелые суглинки (бескарбонатные)	0,00001—0,000005	
Солонцеватые почвы среднесуглинистые	0,00001—0,00005	
Солонцеватые почвы глин	0,000001—0,0000003	
Глубоко столбчатые солонцы	0,000001—0,0000003	
Солончаки	0,0002—0,0009	После вымывания солей коэф. фильтрации сильно уменьшается
Лессы (карбонатные)	0,0002—0,0005	
Лессы засоленные (солонцеватые)	0,00002—0,00004	

При использовании приведенных данных для практических целей следует помнить, что коэфициент фильтрации почвогрунтов есть величина динамическая и эта динамичность находится в зависимости от динамики макро-микроагрегатного состава почвогрунта, от динамики солевого состава почвогрунта и свойства поглощающего комплекса.

Поэтому при уточненных расчетах коэфициента фильтрации нужно брать из кривой коэфициента фильтрации, определяемой экспериментально.

в) В муганских почвах наблюдалось изменение коэфициента фильтрации в связи с изменением щелочности фильтрата, которая в данном случае символизирует соответствующие изменения степени дисперсности (рис. 26).

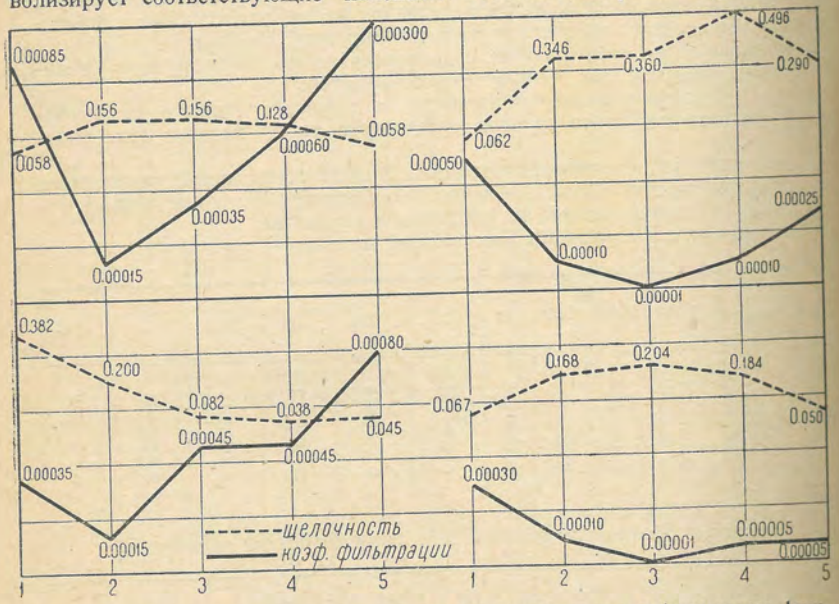


Рис. 26. Отношение между кривыми щелочности и коэфициентом фильтрации.

3. Влагоемкость почвогрунтов

Способность почвы вмещать и удерживать в себе воду называется ее влагоемкостью. Это свойство почвы обусловлено главным образом капиллярными свойствами почвы и смачиваемостью почвенных частиц, а также набуханием органических и коллоидальных веществ, находящихся в почве. Величина влагоемкости находится в прямой зависимости от скважности почвы — чем больше скважность, тем больше по абсолютной величине и влагоемкость. По отношению к объему скважности влагоемкость тем выше, чем больше в почве содержится органических веществ, способных набухать и впитывать в себя воду, чем богаче почва глинистыми частицами. Чем плотнее сложен грунт и чем он глинистее, тем более выражены в нем капиллярные свойства, тем полнее он будет насыщен водой. По абсолютной величине влагоемкость в плотно сложенном глинистом грунте будет меньшая, но по отношению к наличной скважности она будет наибольшая, т. е. все 100% скважности будут заполнены водой.

Виды влагоемкости

а) **Полная влагоемкость** — все поры почвогрунта заполнены водой. Эта категория влагоемкости наблюдается:

1) в естественных условиях, например, в условиях рисо-культуры, когда над поверхностью почвы поддерживается слой воды в течение всего вегетационного периода. При этих условиях полная влагоемкость равна скважности всего почвенного профиля;

2) в условиях избыточного увлажнения болотных и тяжелых подзолистых почв;

3) в лабораторной обстановке, когда определенный объем почвы под гидростатическим давлением насыщается доотказа водой.

Для определения полной влагоемкости грунта его помещают в цилиндр высотой 20 см с сетчатым дном, который опускается в воду до верхнего края и остается в воде, пока не приобретает постоянного веса, в чем убеждаются многократным взвешиванием. Затем грунт высушивается в термостате до нового постоянного веса. Разность двух весов представляет вес воды, насыщавшей грунт.

Более точно полную влагоемкость получают, помещая грунт в вакуум-эксикатор, в котором разрежается воздух и насыщается водой грунт.

б) **Капиллярная влагоемкость** имеет место в случае, когда водой заполняются исключительно капиллярные промежутки почвы. Вода поднимается в почву в силу поверхностного натяжения капилляров почвы:

1) в естественных условиях эта категория влагоемкости реализуется при соприкосновении грунта с зеркалом грунтовой воды;

2) при поливах орошаемой площади, когда гравитационная вода опустится вниз до грунтовой воды или уйдет в более глубокий слой, оставшаяся часть поданной воды пойдет на смачивание грунта и на заполнение замкнутых вакуолей и капилляров. В результате получится подвешенная капиллярная влагоемкость;

3) при подземном орошении, когда искусственно подведена вода.

Понятие капиллярной влагоемкости условно, так как все поры (за малым исключением) мягких грунтов могут полностью наполняться водой, поднимающейся снизу вверх благодаря поверхностному натяжению мениска, но на разную высоту. Поэтому вертикальный столб грунта, касающийся своей подошвой водной поверхности, увлажняется в разных по высоте своих частях различно: в нижних участках достигается полное насыщение, выше влажность уменьшается, дойдя вверху до молекулярной влагоемкости (см. ниже). Поэтому целесообразно устанавливать: 1) общую высоту капиллярного поднятия H — до зоны молекулярной влажности; 2) скорость этого поднятия $\frac{dh}{dt}$ и 3) влажность нижней части до высоты H_0.

Для этого грунт помещают в высокую стеклянную, деревянную или разъемную латунную трубу, подведя к ее подошве поверхность воды. Поднятие воды отмечают либо по потемнению грунта либо по показаниям электроизмерителя, который включен в цепь, содержащую электробатарею и два (или несколько) металлических стержня, вонзаемых в грунт; в последнем случае продвижение воды выявляется изменением электропроводимости смоченного участка. Когда поднятие воды закончится, столб грунта разрывается на небольшие (2—5 см высотой) столбики по высоте, и определяется их влажность.

Наконец увлажнение на разных высотах можно установить и «рефлектометром» Покровского.

а) Высота капиллярного поднятия отдельных фракций

Диаметр частиц (в см)	Порозность в процентах P	$\frac{P}{1-P}$	dw	Опытн. высота (в см)	Вычисление по формуле $H=\frac{0{,}3\cdot P}{(1-P)\,dw}$
0,5—0,2	40,4	0,68	0,305	2,5	1,4
0,2—0,1	40,4	0,68	0,139	6,5	3,2
0,1—0,05	41,8	0,72	0,069	13,1	6,0
0,05—0,025	—	0,68	0,035	—	12,6
0,05—0,02	40,5	0,68	0,031	24,6	14,2
0,02—0,01	40,4	0,68	0,014	42,8	31,5
0,01—0,005	41,0	0,70	0,0069	105,5	62,1
0,005—0,002	41,0	0,70	0,0031	200,0	138,2

б) Высота капиллярного поднятия и механический состав почвы (грунт насыпной)

Название почвы	Механический состав (мм)							Высота (в см)
	1	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	
Песок мелкий . . .	—	0,19	79,42	13,77	3,57	0,26	2,71	105
» »	—	1,32	84,57	9,56	1,79	0,05	2,71	105
» »	—	0,17	89,58	6,45	1,27	—	2,53	110
Супеси	—	0,24	41,15	41,17	7,90	1,34	3,19	145
Суглинистая	—	0,13	3,26	45,66	25,78	6,33	18,84	>200
Речной песок, просеянный через 1 мм сито	—	—	—	—	—	—	—	17,5
То же, просеянный через 0,5 мм сито .	—	—	—	—	—	—	—	22
То же, просеянный через 0,25 мм сито	—	—	—	—	—	—	—	05

в) Высота капиллярного поднятия в естественных грунтах

Название грунта и место наблюдений	Глубина залегания грунтов. вод в м	% влажности грунта у зеркала грунт. вод	Влажность грунта на высоте капил. воды	Высота капиллярн. поднятия
Суглинисто-песчан. (по Раманну) . . .	2	26,30	7,39	1,1
Пески (Алешковская опытная станция)	2	18,70 36,95	4,27 19,72	0,6
Аллювиальный грунт (Мугань)	2	37,12 35,82	22,17 22,70	1,5—1,7
Лесс (Голодная степь)	5	24	10,50	3 м
Южно-русский лесс Полтавского уезда	14,2	28,8	13,9	7,8
Мильская степь. Серозем на лессовидном делювиальном суглинке	15,4	30,06	19,40	4,40
Голодная степь, урочище Карой	10,5	25—26	15,86	3,8 — 4

в) **Максимальная молекулярная влагоемкость**. Максимальная молекулярная влагоемкость есть состояние влажности, при котором частицы почвы облечены пленкой воды максимальной толщины; вода при этой категории влагоемкости находится под влиянием молекулярных сил сцепления между частицами почвы и молекулами воды. В естественных условиях эта категория влагоемкости может наблюдаться в однородном грунте при достаточно низком уровне грунтовых вод, в лабораторных условиях соответствует установившейся влажности однородного грунта достаточно высокой колонны или центрофугированием насыщенной водой почвы в течение одной минуты при ускорении g, превышающем 18 000.

Вода при этой влагоемкости не подчиняется силе тяжести, передвижение происходит в виде пленочного — от более толстой пленки к тонкой.

г) **Гигроскопичность почвы**. Гигроскопическая вода почвы — это вода, поглощаемая сухой почвой из атмосферы, содержащей пары воды. Максимальная гигроскопичность почвы — это количество воды, поглощаемое почвой из атмосферы, относительная влажность которой равна 100%. Практически определение максимальной гигроскопичности производится путем поглощения паров воды воздушно-сухой почвой в вакууме над 10-процентной серной кислотой; поглощение продолжается до установления постоянного веса почвы.

Максимальная гигроскопичность дает: 1) представление о наличии в почве коллоидов, 2) позволяет вычислить мертвый, т. е. недоступный растению запас воды в почве, 3) указывает на степень засоленности грунтов, 4) позволяет судить о суммарной поверхности почвы.

1) Зависимость максимальной гигроскопичности от механического состава почвы показана в следующей таблице:

Название почвы	Механический состав (мм)					Максимальная гигроскопичность
	2—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,002	<0,002	
Слабоглинистый песок	88,50	2,28	0,78	5,65	2,79	0,91
Песчаный суглинок	42,34	6,94	9,00	9,38	6,76	2,18
Суглинок	36,18	10,58	11,50	24,90	16,84	4,74
Тяжелый суглинок	5,16	13,46	43,16	21,40	16,82	6,69
Глина	17,76	3,30	10,76	32,13	34,05	8,98
Глина	6,32	5,84	33,64	28,00	26,20	10,90
»	0,14	1,76	4,88	13,03	80,19	17,77

2) Максимальная гигроскопичность засоленных грунтов больше, чем грунтов, бедных солями, промытых, о чем свидетельствует следующая таблица:

Максимальная гигроскопичность естественного грунта	Максимальная гигроскопичность промытого грунта
21,79	5,78
22,79	5,34
20,44	5,64
10,24	4,92
26,13	5,90
20,49	5,38
24,00	6,10

д) **Предельная влагоемкость почвы**. Предельной влагоемкостью почвы называется такая максимальная степень влажности ее, которая удерживается почвой при данных условиях ее природного залегания в статическом состоянии без стекания вниз. Таким образом величина предельной влагоемкости представляет границу, позволяющую различить в почве воду неподвижную и воду, движущуюся под влиянием силы тяжести вниз к уровню грунтовой воды.

Это положение уясняется из следующей схемы. Если мы возьмем колонну однородного грунта высотой более максимального уровня поднятия капиллярной воды, свойственного данному механическому составу, насытим ее полностью водой, затем дадим всей избыточной воде стечь, то оставшаяся степень влажности по вертикали колонны расположится следующим образом, показанным на рисунке 27.

Такое расположение будет иметь место одинаково как в случае, если колонна почвы изолирована и вся находится в воздухе, так и в случае естественной толщи грунта, опирающейся на зеркало грунтовой воды. При таком расположении воды она во всем почвенном профиле будет находиться в неподвижном состоянии, несмотря на то, что количества ее

в отдельных поперечных сечениях резко различны. Этот запас воды во всей колонне мы и называем «предельной» влагоемкостью ее, так как при данных условиях ни одна капля воды сверх этого количества не может удержаться в почве, она стечет вниз.

Для слоев верхнего и третьего предельная влагоемкость будет соответствовать некоторой «относительной» (не полной капиллярной) влагоемкости, для слоя второго она равна максимальной молекулярной влагоемкости,

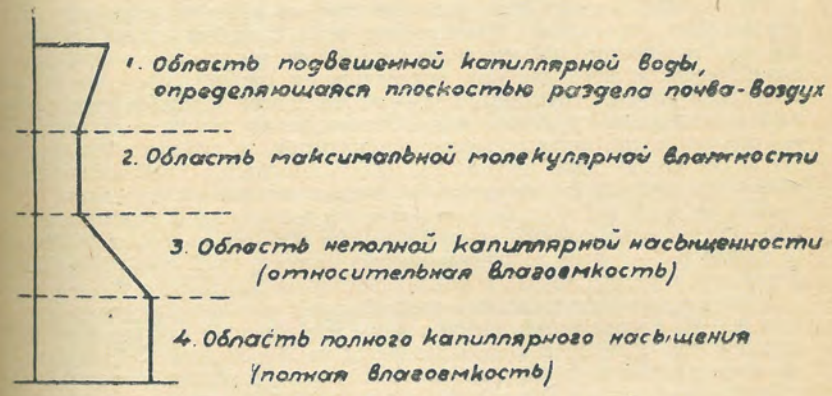


Рис. 27. Схема предельной влагоемкости.

и для слоя нижнего она выражается количественно полной влагоемкостью данного грунта. Таким образом даже совершенно однородный по своему составу грунт обладает различными влагоемкостями в отдельных своих частях. Эти различия определяются в данном случае всего двумя факторами, а именно: высотой данной зоны почвы над уровнем грунтовой воды и наличием плоскости раздела двух неоднородных сред, в данном случае воздух — почва. Соответственно этому предельная влагоемкость одного и того же слоя будет меняться с изменением определяющих ее факторов — положением грунтовой воды или плоскости раздела. Таким образом, влагоемкость — понятие динамическое, зависящее в каждом частном случае от тех конкретных условий, в которых почва находится в любой данный момент времени.

В случае почвы, неоднородной по механическому составу и своему сложению, график вертикального распределения влажности приобретает гораздо более сложный вид соответственно разной молекулярной и капиллярной влагоемкости каждого слоя, но и в этом случае при многообразных сменах влажности вся вода будет в статическом, равновесном состоянии, следовательно, влагоемкость колонны почвы в целом и каждого слоя в отдельности будет «предельной».

Определение конкретных величин предельной влагоемкости почвогрунтов имеет существенное значение в практике мелиорации, так как только она дает выражение такой норме полива, которая не будет теряться в грунтовые воды, выражение тому запасу воды, который может быть создан в почве предвегетационным или осенне-зимним поливом, и, наконец,

определяет собой минимальный предел промывных норм при задаче регулирования солевого режима почв.

Для определения величины предельной влагоемкости применяется два метода: лабораторный метод монолитов и полевой метод опыта на делянках.

Лабораторный метод состоит в том, что естественный монолит почвы сечением около 20 × 20 см, заключенный с боковых сторон в водонепроницаемую оболочку (обливается смолкой и закрепляется в деревянный футляр), насыщается водой, затем избыточной воде дается стечь, и после этого послойно определяется распределение по колонне влажности. Для правильного определения влагоемкости этим способом длина монолита должна быть по крайней мере в два раза больше высоты капиллярного поднятия, свойственного данному механическому составу, или для грунтов с близким уровнем грунтовых вод — не менее всей толщи от поверхности почвы до зеркала грунтовой воды. Однако, ввиду технической трудности монтировки очень высоких монолитов практически применяется колонна около (не менее) двух метров. Результат получается приближенный, но во многих случаях близко согласующийся с полевым определением.

Полевой метод состоит в том, что делянка поля площадью в 50—100—200 кв. м затопляется нормой воды, не меньшей полной влагоемкости (а лучше в 2—3 раза ее превышающей) интересующей нас толщи почвы (например, верхнего метра), в момент окончания впитывания воды в почву делянка покрывается достаточно толстым слоем рыхлого материала (например, 50—70-сантиметровым слоем соломы или мякины) для предохранения от испарения и в таком виде оставляется на 20—30 дней. За этот период времени вся избыточная влажность стекает вниз, в верхней толще устанавливается равновесное распределение влажности, и, определив ее по слоям обычным способом, мы получаем конкретное выражение предельной влагоемкости интересующей нас толщи грунта.

Несколько усложнив описанный эксперимент, можно получить из него еще две очень важных величины: если на делянке, с момента ее покрытия соломой и до конца эксперимента, систематически определять послойно влажность, то тем самым можно получить ясную характеристику скорости просачивания воды в данной почве. С другой стороны, если, кроме покрытой делянки, включить в опыт одну или несколько делянок с той же поливной нормой, не покрытых (паровых или занятых каким-либо растением) и на них также регистрировать систематически и послойно режим влажности, то можно получить характеристику процессов усыхания, расходования воды на испарение из почвы.

Все эти три элемента — предельная влагоемкость, скорость впитывания и энергия усыхания — дают рациональную основу для расчета оросительного режима территории.

Характеристика почвогрунтов по предельной влагоемкости может быть дана в виде следующей ориентировочной таблицы для слоя почвогрунта не свыше 50 см. (стр. 505).

§ 26. Характеристика грунтов по механическому составу

Перечисленные в § 23, 24 свойства почвогрунтов чрезвычайно разнообразят виды почвенных и грунтовых образований. Приводимые ниже таблицы и характеристика свойств почвогрунтов даются по основному их признаку — механическому составу.

№ п/п	Наименование почвогрунтов	Предельная влагоемкость в % от скважности	
		Почвы несолонцеватые	Почвы солонцеватые
1	Глинистые почвы	90—93	95—98
2	Тяжело-суглинистые почвы	75—85	90—95
3	Средне-суглинистые почвы	65—75	80—90
4	Легко-суглинистые почвы	55—65	70—80
5	Супесчаные почвы	45—55	65—70
6	Глинистые пески	35—45	55—65
7	Пески	25—35	45—55

Примечание. При отсутствии подпора грунтовых вод (глубже 3 м) при увеличении слоя смачивания от 50 до 100 см на каждые 10 см слоя сбрасывается от 1 до 2% влажности.

1. **Грунты глинистые** с преобладанием частиц менее 0,01 мм от 50 до 75% незасоленные характеризуются:
   1) малой водо- и воздухопроницаемостью;
   2) большой влагоемкостью и водоподъемной силой;
   3) медленным передвижением влаги;
   4) разбуханием и вязкостью при намокании, сжатием, твердостью и растрескиванием при высыхании;
   5) застаиванием воды при избыточном увлажнении;
   6) медленным нагреванием и охлаждением.

Примечание. При наличии в таких грунтах значительных количеств растворимых солей >3% они могут обладать хорошей водопроницаемостью, и это происходит до тех пор, пока не вымоются растворимые соли.

2. **Грунты лессовидные с преобладанием крупной и средней** пыли — 0,05—0,01 (39—66%), 0,01—0,005 (16—35%) — характеризуются:
   1) большой водоподъемной силой;
   2) водоудерживающей способностью;
   3) хорошей водопроницаемостью и воздухопроницаемостью;
   4) значительной скважностью и влагоемкостью.

3. **Грунты суглинистые пылеватые с преобладанием частиц** от 0,05 до 0,5 мм (50—60%), частиц 0,01 мм около 20%, частиц с диаметром от 1 до 4 мм — 4—5% — характеризуются:
   1) значительной высотой капиллярного поднятия — до 2 м;
   2) скважность их исключительно капиллярная, колеблется от 45 до 50%;
   3) влагоемкостью — 45—50%;
   4) при глубоком залегании грунтовых вод страдают от засухи.

4. **Грунты супесчаные с преобладанием содержания частиц** от 0,1—0,5 мм до 45%, < 0,01 мм до 15% и от 0,5 до 4 мм 25% характеризуются как переходные к пылеватым грунтам:
   1) воду задерживают хорошо;
   2) скважность их колеблется около 40%;
   3) влагоемкость 30—25%;

5. **Грунты песчаные** — преобладают частицы более 0,1 мм:
   1) капиллярность выражена слабо;
   2) водопроницаемость выражена сильно;
   3) воздух легко проникает, иссушение происходит быстро и полно;

4) излучают тепло очень сильно и склонны к заморозкам и утренникам;
5) весной согреваются легко, но согревание происходит с поверхности;
6) страдают от засух.

ГЛАВА X

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

§ 27. Физико-химические исследования

1. Цели и состав исследования

Исследования грунта для целей строительства имеют целью получение числовых выражений свойств грунта, обусловливающих поведение грунта в качестве основания сооружения, откоса канала, засыпки при подпорных стенках, тела земляных плотин и насыпей, полотна дорог и т. п. Малая изученность грунтов вообще, слабое развитие теории механики грунта и сильная изменчивость расчетных констант грунта в процессе его работы в сооружении делают обязательным экспериментальное определение этих констант и динамики их изменения. Поведение грунта в сооружении зависит от геологической истории его образования, минералогических, химических и физических свойств и воздействий на него в процессе работы сооружения. Поэтому исследование грунта в строительных целях должно обнять собой сложный комплекс определений.

Определению подлежат следующие свойства грунтов:

1) Гранулометрический (механический) состав или текстура.
2) Удельный и объемный вес.
3) Скважность или порозность.
4) Влажность и водопроницаемость (коэфициент фильтрации K).
5) Пределы консистенции.
6) Деформации от действия воды: набухание, размокание, усадка, размыв и вымыв частиц и пр.
7) Угол внутреннего трения и сцепление.
8) Сопротивляемость вертикальной нагрузке.
9) Химический состав.
10) Прочие физические свойства: тепловые, воздухопроницаемость и пр.

Наиболее важными из них являются № 1, 2, 3, 4, 7, 8, затем 5, 6 и менее существенны 9, 10.

2. Гранулометрический состав, удельный и объемный вес, порозность, коэфициент фильтрации и др.

(Характеристика этих констант и способы их определения даны в гл. IX, § 24, 25 и гл. VI, § 16—19).

а) **Гранулометрический состав.** Дополнительно следует указать на графическое изображение гранулометрического состава.

Произведя гранулометрический анализ, вычисляют гранулометрические показатели: эффективный диаметр Хазена, активный диаметр Козени, суммарную поверхность зерен Крюгера и удельную поверхность Цункера*, и вычерчивают график механического состава, или кумулятивную кривую. На графике по Терцаги по оси абсцисс откладываются натуральные логарифмы размеров зерна в таком масштабе, что если диаметр зерна — d, то соответствующая ему абсцисса

$$x = -\frac{\ln d}{\ln 2} = -1{,}443 \ln d = -3{,}322 \lg d.$$

* См. Движение грунтовых вод в I томе Справочника.

На оси ординат откладывается процентное содержание фракций. Пример построения «кумулятивной» кривой грунта см. на черт. 25.

Для строительных целей следует определять гранулометрический состав грунта в двух состояниях: 1) в начальном, исходном при постройке (ненарушенная структура), причем надо при анализе избегать всего, что может при анализе дробить натуральные зерна, и 2) в той степени дисперсности, наступление которой ожидается результате работы грунта в сооружении.

Размеры зерна, получаемые механическим анализом, условны; это диаметр шарика, падающего в воде с такой же скоростью, что и данные частицы.

Поэтому полученную анализом крупнозернистость надо дополнять установлением формы частицы под микроскопом. В большинстве случаев частица песка является более или менее полным зерном, у которого наибольший поперечный размер больше наименьшего до 5 раз. Глинистая частица пластинчата, чешуевидна, и ее толщина во много раз меньше ширины или длины.

Кроме того устанавливается степень окатанности или остроугольности частицы.

б) **Минералогический состав.** Удельный вес зерен или так называемый истинный удельный вес грунта определяется с помощью пикнометра (см. отдел «Физические свойства почвогрунтов») или тяжелых жидкостей и представляет собой удельный вес материала зерен. Так как в большинстве случаев грунт состоит из разных минералов, то разделение зерен по удельному весу дает представление о минералогическом составе грунта. При неточном разделении минералов по методу Гельштедта в тяжелую жидкость Туле, т. е. смесь иодистого калия с иодистой ртутью в отношении 1:1,24, растворенную в воде до получения удельного веса раствора 3,18, всыпают растёртый в порошок, освобожденный кипячением и высушиванием от воздуха и воды грунт; частицы удельно более тяжелые, чем жидкость, выпадут, а более легкие всплывут. Разбавив жидкость водой, получаем новое осаждение и подобным образом проводим фракционирование по удельному весу. Для определения удельного веса упомянутых промежуточных растворов пользуются имеющимся в продаже набором индикаторов Гельштедта, куда входят:

1. Сера, удельный вес	2,070	11. Кварц	2,650
2. Гиалит	2,160	12. Лабрадорит	2,689
3. Опал	2,212	13. Кальцит	2,715
4. Патролит	2,246	14. Доломит	2,733
5. Пехштейн	2,284	15. Доломит	2,868
6. Обсидиан	2,362	16. Пренит	2,916
7. Перлит	2,397	17. Арагонит	2,933
8. Лейцит	2,465	18. Актинолит	3,020
9. Адуляр	2,570	19. Андалузит	3,125
10. Элеолит	2,617	20. Апатит	3,180

Полученные фракции по удельному весу относят к тому или иному минералу. Чаще других в грунте имеются минералы:

Гумус, удельный вес	1,25—1,40	Хлорит	2,65—2,92
Гипс	2,2 —2,4	Биотит	2,7 —3,0
Серпентин	2,5 —2,65	Мусковит	2,76—3,0
Ортоклаз	2,54—2,57	Лабрадорит	2,64—2,80
Полевой шпат	2,5 —2,8	Доломит	2,80—3,0
Каолинит	2,60—2,63	Роговая обманка	2,90—3,40
Кварц в песке	2,64—2,65	Апатит	3,18—3,20
Тальк	2,5 —2,7	Авгит	3,2 —3,5
Олигоклаз	2,63—2,69	Эпидот	3,25—3,50
Плагиоклаз	2,62—2,76	Лимонит	3,55—3,95
Слюда	2,65—3,20	Гематит	4,90—5,30

Уточнение состава производится методами минералогии. Исследование минералогического состава производится не всегда.

в) **Химическая характеристика.** Подробный химический анализ грунта необходим в ряде случаев, например, при постройке высоких плотин в сухих каньонах, при проектировках одежды каналов, устройства бетонных свай в местах, подозрительных по наличию свободных кислот, и т. д. (способы производства химического анализа см. в § 24, п. 2).

г) **Воздухопроницаемость грунтов** определяется по Вольни* вдуванием мехами струи воздуха сверху в жестяную трубу с грунтом, закрытую снизу пробкой, в которую вставлена трубка от манометра. Для измерения количества проходящего воздуха между мехами и грунтом вводится газометр.

Гейнрих определял воздухопроницаемость в поле с помощью цинкового ящика высотой 20 см и сечением 100 см², врезая его на 10 см в грунт вверх дном, и следовательно, захватывая в ящик 1 л грунта, и оставлял над ним воздушный колпак в 1 000 см³. Этот колпак соединен трубкой с 10-литровой бутылью. Вливая в последнюю воду так, чтобы создалось заданное и контролируемое манометром давление, замечают время, в течение которого все 10 л воздуха пройдут сквозь захваченный ящиком литр грунта.

д) **Тепловые свойства грунта.** Теплоемкость грунта определяют методом смешивания. Грунт заданной влажности помещают в закрытые пробками трубки и, нагрев до определенной температуры t_1, опускают их в воду, нагретую до t_2, причем $t_2 < t_1$, после перемешивания измеряют температуру воды t_3 и, принимая во внимание вес воды, грунта и трубки, определяют теплоемкость грунта.

Для определения теплопроводности Карстен помещает грунт между двумя медными пластинками, нагретыми до температур t_2 и t_1, посредине его третью медную пластинку и наконец в средине между второй и третьей пластинками — стеклянную шайбу. Если средняя медная пластинка нагреется до t_2, то отношение $\frac{t_3-t_2}{t_2-t_1}$ равно обратному отношению теплопроводности двух равной длины половин, из коих одна состоит только из грунта, а другая из грунта и стекла, теплопроводность которого определяется заранее.

е) **Объемный** или так называемый кажущийся удельный вес грунта выражает число граммов веса 1 см³ грунта, взятого во внешнем его объеме (с порами), в совершенно сухом состоянии. Для его определения берут вес пробы, высушенной в термостате до постоянного веса, и делят на объем, занимаемый пробой в естественном состоянии грунта.

Для взятия образцов грунта в ненарушенном его строении пользуются бурами Копецкого, Некрасова, Колесникова и др. Буром Пауеля-Петрова можно взять пробу с глубины до 5 м. С больших глубин пробы берут из скважин большого (около 30 см) диаметра с обсадной трубой, опуская в скважину трубу меньшего (до 10 см) диаметра с забирающим прибором внизу.

Скважность или пористость грунта, т. е. суммарный объем всех пор, имеющихся в 1 см³ внешнего объема грунта, вычисляется по равенству:

$$p = 1 - \frac{\gamma}{\delta} = 1 - \frac{\text{объемный вес грунта}}{\text{удельный вес зерен}}.$$

* Подробнее см. Г. Пухнер. Физические свойства и биология торфа, Москва, 1927, изд. Инсторфа.

Коэфициентом пористости или приведенной пористостью по Терцаги называют отношение

$$\varepsilon = \frac{p}{1-p}$$

Кроме объема пор важно выяснить их строение, что достигается рассмотрением шлифа грунта под микроскопом. Основными типами структуры пор являются три: раздельнозернистая (плотная—рисунок 28-a и рыхлая—рисунок 28-b), сотовая (рисунок 28-c) и структура коагулированного осадка (рисунок 28-d).

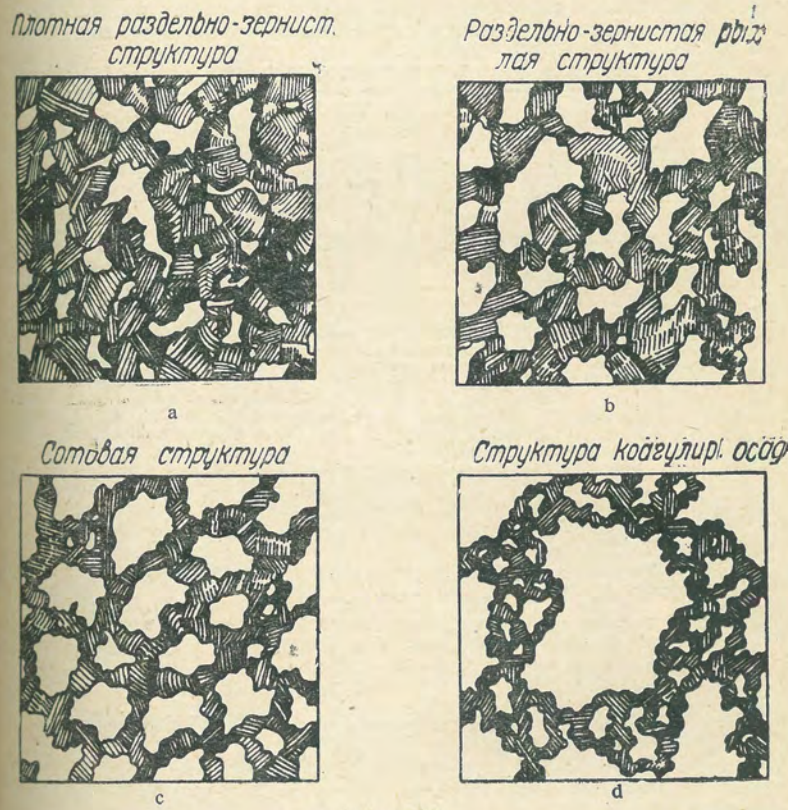


Рис. 28.

На рисунке 29 дана структура пор сложного грунта морской пылеватой глины.

ж) **Коэфициент фильтрации** представляет весьма важную константу (см. методы определения, гл. VI, § 16—19). Грунт в процессе фильтрации изменяет свою водопроводимость, почему безусловно необходимо экспериментально выяснить динамику этих изменений коэфициента фильтрации.

Совершенно недопустимо (за исключением крупного и мелкого бесструктурного песка) определять коэфициент фильтрации по порошкообразному грунту, если в сооружении грунт будет работать в естественном состоянии связности, и наоборот, так как значение коэфициента фильтрации для порошкообразного и связного состояний может разниться во много раз (до 1000); необходимо также поверять величину коэфициента фильтрации в условиях того давления, которое будет в грунте после осуществления сооружения. Существенно также изучение условий фильтрации в контактах двух различных грунтов.

з) **Пределы консистенции.** В зависимости от содержания воды грунт сильно меняет свою консистенцию; он может быть текуч, пластичен, липок, полутверд и тверд. По Терцаги * имеются следующие формы консистенции.

Таблица форм консистенции грунтов

Основные формы консистенции	Формы консистенции по Аттербергу	Пределы консистенции	Обозначение форм консистенции для строительных целей
Твердая	Жесткотвердая	Предел сморщивания	Совершенно твердая
	Рыхлотвердая		Полутвердая
	Вязкая	Предел раскатывания или нижний предел пластичности и предел прилипания	Крутопластичная $A < \varepsilon \leq A + \frac{P}{4}$
Пластичная	Липнущая	Предел текучести или верхний предел пластичности	Мягкопластичная $A + {}^1/_4 P < \varepsilon < A + {}^1/_2 P$ Очень мягкопластичная $A + {}^1/_2 P < \varepsilon < A + {}^3/_4 P$ Текучепластичная $A + {}^3/_4 P < \varepsilon < F$
	Вязко-текучая		Вязко-текучая
Текучая	Текучая в толстом слое	Предел текучести в толстом слое	Текучая в толстом слое
	Текучая в тонком слое	Предел текучести в тонком слое	Текучая в тонком слое

Здесь $\varepsilon = \frac{p}{1-p}$ —коэфициент пористости, A, F и P обозначают предел раскатывания, предел текучести и число пластичности, выраженные через коэфициент пористости.

Характеристика форм:

а) Жесткая твердая форма, в которой куски глины при высыхании не уменьшаются в объеме, при слабом сдавливании не прилипают один к другому и при испарении на место воды входит внутрь глины воздух.

б) Рыхлая твердая форма, в которой при высыхании куски глины уменьшаются в объеме, при слабом сдавливании слипаются, воздух в глину не входит.

в) В пластичном состоянии грунт тягуч, раскатывается в проволоку,

* К. Терцаги. Строительная механика грунта, 1933, стр. 24—25.

течет, однако лишь под давлением, при небольших усилиях принимает любую внешнюю форму и позже сохраняет ее.

г) В пластично-липнущем состоянии грунт прилипает к шпателю, легко деформируется.

д) В вязко-текучем состоянии грунт прилипает и течет под действием собственного веса, однако, слоем не тоньше 1,5 см.

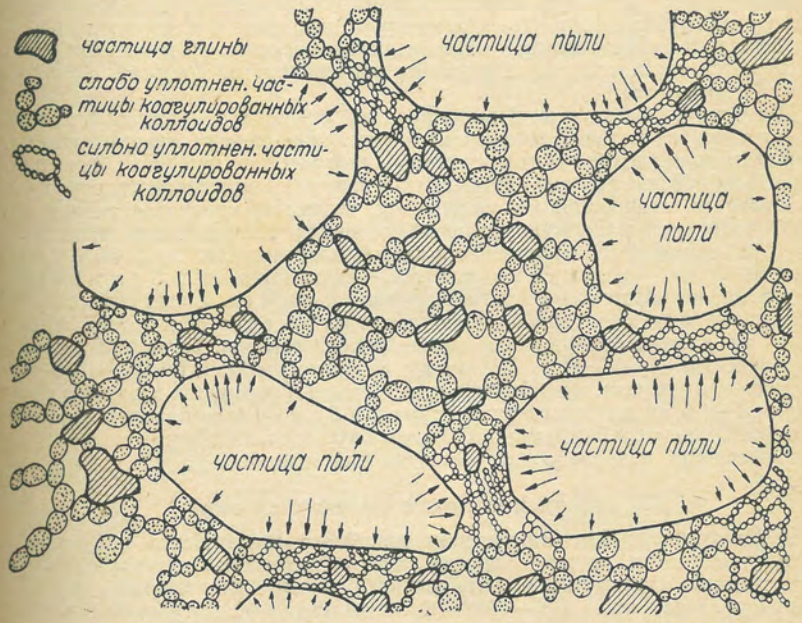


Рис. 29. Структура пор сложного грунта морской пылеватой глины.

е) В состоянии текучести толстым слоем грунт — тонкое пюре, которое, будучи разделено, вновь сливается, оставляя однако борозду.

ж) В состоянии текучести тонким слоем грунт текуч почти как вода, крупные зерна оседают на дно.

Установление пределов разных форм консистенции весьма важно в строительстве, но методика его до сих пор очень несовершенная, в основном пользуются методами Аттерберга.

Методы Аттерберга. Для определения предела текучести приготовляют из грунта тонкое пюре, наливают его в фарфоровую чашку, проводят шпателем посредине бороздку шириной 2—2,5 см, встряхивают чашку или трижды ударяют ею о ладонь. Если разделенные части пюре сливаются полностью, имеем предел текучести в тонком слое, если остается бороздка, — предел текучести в толстом слое. То и другое состояние выражается соответствующей им влажностью и значением коэфициента пористости.

Предел прилипания выражается той наибольшей влажностью и коэфициентом пористости, при которых грунтовое тесто начинает прилипать к пальцам.

Пределом раскатывания является та влажность и коэфициент порозности грунта, при которых грунтовое тесто раскатывается пальцами или ладонью на столе, покрытом бумагой, в длинную проволоку толщиной 3 мм и распадается на короткие куски, между собой не соединяющиеся.

Числом пластичности называется разность значений влажности (или коэфициента пористости), соответствующих пределу текучести, с одной стороны, и пределу раскатывания — с другой. Наконец пределом сморщивания (Schrumpfgrenze, shrinkage) считается такая устанавливающаяся в процессе высыхания грунта влажность, при которой продолжающий высыхать образец перестает уменьшать свой объем и давать волосные трещины. Он устанавливается многократным измерением образца грунта штанген-циркулем или объемометром.

Другие методы. Принципиально отличны от метода Аттерберга другие методы. Таковы: а) определение степени пластичности по сопротивлению изгибу грунтового столба, высушенного при 30° С; б) быстрота распада образца грунта, опущенного в воду; в) вычисление степени пластичности по количеству коллоидальных частиц; г) измерение минимальной толщины шнура, какую можно получить при раскатывании теста; так, шнур толщиной 1 мм показывает высокую пластичность, 1—2 мм — среднюю, 2—3 мм — малую, 3 мм и более — непластичность. Земятченский делает из грунтового теста шар диам. d=4,54 см, кладет его в стакан и насыпает свинцовую дробь до появления на шаре первой трещины, определяет вес p насыпанной дроби и диаметр b сжатого шара. Тогда «показатель пластичности» $П=(d-b)\,p$. По методу лаборатории ЦУМТ * 10—15 г порошковидного грунта затворяется с водой в тесто и формуется в шарики диаметром 1—1,5 мм для пластичных грунтов и 3 мм — мало пластичных; шарики раскатываются пальцами по бумаге в шнуры, длина которых измеряется в миллиметрах и характеризует степень пластичности.

3. Деформации грунта от действия воды

а) **Набухание.** Для определения линейного коэфициента набухания, т. е. увеличения объема грунта от увлажнения, образец грунта (естественной структуры или порошкообразный), высушенный до постоянного веса при 103 — 105° С, помещается в латунный цилиндр диаметром 5 см и высотой 10 см с сетчатым дном, которое касается поверхности воды. Набухая, грунт выходит вверх, и превышение замеряется катетометром с точностью до 0,05 мм. Наблюдение продолжается до окончания набухания, после чего цилиндр с грунтом погружается почти доверху в воду, и наблюдение возобновляется, продолжаясь до окончания нового набухания. Опыт следует производить при относительной влажности воздуха около 80% и температуре не более 12° С.

б) **Размокание по Терцаги** ** объясняется тем, что высушенная проба грунта испытывает высокое капиллярное давление, и в момент обливания пробы водой поверхностное натяжение воды в смоченной части пробы становится равным нулю, проба упруго расширяется, и вследствие медленности распространения набухания внутрь пробы последняя растрескивается. Поэтому показатель размокания определяется количеством минут, в течение которых цилиндр диаметром 2,5 см и высотой 2,5 см, сформированный из грунта в твердопластичном состоянии и просушенный в термостате при 105° С, будучи облит водой, распадается и проваливается сквозь кольцо, на котором он лежал.

* Н. В. Поляков. «Мелиор. грунтоведение», стр. 79—80.
** Терцаги. Инженерная геология, 1932, стр. 43.

В Бюро общественных дорог США* 100 г грунта, прошедшего сквозь сито, с отверстием 2,5 мм, смешивают с водой и из теста приготовляют брикеты 28×26,5 мм под давлением 0,15 кг/см² в течение 3 часов, затем брикеты 18 час. сохнут на воздухе и 6 часов в термостате при 100° С, охлаждаются и опускаются в воду на медных кольцах. Размокание определяется количеством минут, потребным для размокания брикетов и проваливания их сквозь кольца.

в) **Усадка от высыхания** (сморщивания) в Автодорожном институте определяется следующим приемом. Тесто раскатывается по стеклу слоем 1 см, из него вырезается пластинка 25×7 см, по диагоналям которой отмечается 4 точки с расстояниями между ними 5—6 см. Пластинка высушивается при 103—105° С, и вновь измеряются расстояния между отмеченными точками. Значение $50\left(\frac{l_1-l_3}{l_1}+\frac{l_2-l_4}{l_2}\right)$ дает линейную усадку грунта в процентах.

Терцаги вычисляет предел усадки по равенству

$$S=\frac{(w_1-w_0)-(v_1-v_0)}{w_0},$$

где v_1 и w_1 — объем и вес образца в пластичном состоянии; v_0 и w_0 — то же после окончания процесса осадки.

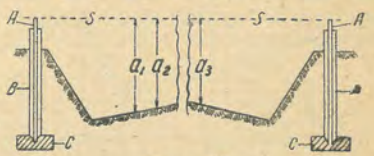


Рис. 30.

Общим недостатком всех этих приемов служит то, что они оперируют с грунтом нарушенной структуры.

г) **Для определения клейкости** (липкости) Шюблер пользовался чашечными весами, у которых одна чашка заменена пластинкой. Пластинка предварительно прижимается к грунту, и груз, который отрывает ее, характеризует клейкость (важно для дорожных грунтов).

д) **Пучение грунта** наблюдается при морозах, главным образом, в глинистых и пылеватых грунтах, где к промерзающему слою притекает вода. В Нью-Гэмпшире ** пучение наблюдалось в поле с помощью прибора, состоящего из (рис. 30): A — металлической трубки d=1,5 см; B — внешней трубки d=5 см.

Пространство между A и B забито салом. Бетон C заложен на глубине 1,2 м (или более) в непромерзающем слое.

Шнур или рейка S служит линией отсчетов вертикальных промеров a_1, a_2, a_3 и т. д., производимых через каждые 10 дней.

Лабораторное исследование разработано Гильбоем ***.

е) **Размывающая грунт скорость** течения воды определяется по методу Черкасова в деревянном прямоугольном лотке длиной 2,0 м, шириной 15 см и глубиной 15 см, который резиновым шарниром соединен с таким же лотком длиной 10 м, приводящим воду, и стоит на многих винтовых опорах, благодаря чему может легко изменять свой уклон от 0 до 0,1 (рис. 31). Лоток изнутри смазывается клеем и осыпается соответствующей крупности песком, который, закрепившись, дает коэфициент шероховатости такой же, как и испытуемый грунт. В дно лотка врезаны два вниз направленных патрубка сечением 12×12 см и глубиной 50 см, верхняя часть которых (не менее 15 см) заполняется заподлицо с дном лотка грунтом естественной структуры, а нижняя — песком. В конце лотка поставлен водосливный порог для измерения расхода и для предотвращения излишней турбулентности над поверхностью грунта.

* Н. Н. Иванов. Испытание физических и механических свойств грунтов в Америке. Выпуск 13 ЦУМТ за 1926 г.
** Д. П. Крынин в Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 1932, april.
*** G. Gilboy. „Soil mechanical research". Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 1931, october.

Поверхностная скорость замеряется поплавками, средняя и донная—трубкой Ребока с точностью до 0,01 см/сек. Сохраняя постоянную глубину и увеличивая уклон, увеличивают скорость до тех пор, пока частицы грунта начнут шевелиться, что замечают с помощью сильной лупы. Затем, сохраняя малый уклон и увеличивая глубину, получают также размывающую скорость (вообще говоря, не равную первой).

Имеются методы Кучинской гидродинамической лаборатории и Института водного транспорта. Однако методика всех этих исследований пока еще далека от совершенства и не учитывает всей сложности явления.

ж) **Значение скорости грунтового потока**, вымывающей частицы грунта (причиняющей суффозию), определяется следующим опытом (например, по Черкасову). Грунт помещается в металлический патрубок $d=20$ см и высотой 25 см так, что кольцо зазора между ним и стенкой патрубка заливается смолой. Внизу патрубок имеет решетку для удержания грунта, обращенный вниз конус с вентиляционной трубкой и водовыпускной трубкой, которая

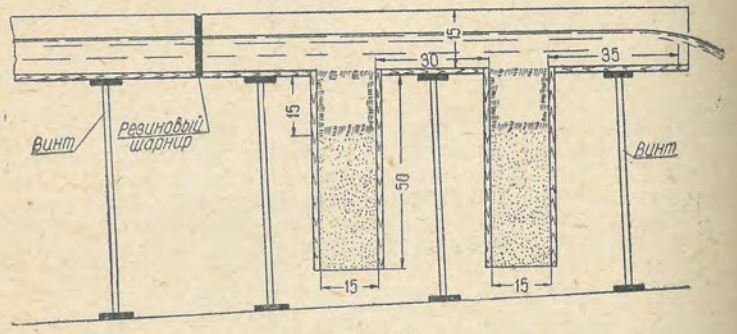


Рис. 31.

имеет у конца конуса стеклянный сифон и на конце стеклянное колено с отверстием в верхней части для сообщения с атмосферой. Верхняя часть патрубка плотно закрыта металлической крышкой, которая отстоит от поверхности грунта на 3—5 см и несет напорную трубу до 3 м высотой, питаемую сосудом Мариотта. Начиная с малого напора, увеличивают его, пока в стеклянной V-образной трубке не появится осадок, который извлекается, взвешивается и гранулометрически анализируется. Если грунтовой поток ожидается близким к горизонтальному и в силу особенностей грунта опасаются горизонтального выноса частиц, описанная установка соответственно изменяется.

§ 28. Исследование физико-механических свойств грунтов

1. Внутреннее трение и сцепление в грунте

Сопротивление грунта сдвигу зависит от давления нормального к поверхности сдвига или среза и коэфициента трения и сцепления грунта. Коэфициент трения грунта обусловливается шероховатостью, образуемой частицами на разъединяемых поверхностях, сила сцепления — взаимным молекулярным притяжением частиц грунта и кажущейся связностью грунта, вызываемой натяжением капиллярной воды в порах. Первые две причины

или «истинная связность», порождают так называемое истинное трение и сцепление, которое можно наблюдать в грунте, насыщенном водой и погруженном в воду, в отсутствии гидродинамических напряжений внутри грунта. Кажущаяся связность есть сложная функция статических и гидродинамических напряжений. Весьма важное в строительстве внутреннее трение в грунте определяется экспериментально многими методами.



Рис. 32.

Лабораторные определения

а) В Массачузетском технологическом институте испытуемый грунт формуют цилиндром и давят в направлении оси до появления трещин среза на поверхности (рис. 32). По теории Мора угол α между двумя такими трещинами $\alpha = 90° - \varphi$, где φ—угол внутреннего трения материала.

б) Прибор Терцаги* (рис. 33) в схеме состоит из нижней неподвижной части B и верхней части A, сдвигаемой горизонтальной силой H. Второй прибор Терцаги, применяемый в Массачузетском технологическом институте, описан Гильбоем.** Подобный же прибор описывается проф. Мартоном.*** Сконструирован тонкий прибор проф. Креем.**** В лабораториях СССР применяются приборы проф. Пузыревского, наиболее распространенные, и исследовательского бюро ЦУМТ.*****

Полевые исследования

а) В полевых условиях коэфициент трения определяют, оставляя на дне шурфа столб грунта, на который надевают два ящика, и, удерживая нижний ящик неподвижно, сдвигают верхний ящик тягой, измеряя усилия динамометром****** (рис. 34).

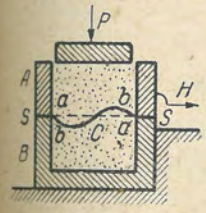


Рис. 33.

б) Для полевых же определений служит прибор Бюисманна******* (Голландия), дающий достаточно точные результаты.

в) Д. П. Крынин для определения сопротивления грунта срезу погружал в грунт жесткую металлическую стойку, вытягиваемую автомобилем с измерением тяги динамометром.

г) Герц******** (Ява) с этой же целью вытягивал вертикально направленной силой бетонные массивы, зарытые в земле.

Угол естественного откоса, ранее отождествлявшийся с углом внутреннего трения, совпадает с последним лишь для сыпучих грунтов. Значение свое этот показатель в значительной мере потерял, но в некоторых случаях его все же определяют.

Угол естественного откоса искусственной насыпи грубо определяется в ящике с тремя стеклянными разграфленными стенками и четвертой

* Терцаги. „Стройиндустрия", 1930.
** G. Gilboy. „Soil mechanical research". Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 1931, october, рис. 10 и 11.
*** Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 1932, april, рис. 38 и 39.
**** Г. Крей. Теория давления земли, 1932 г.
***** Их описание и методы работы, см. М. В. Иванова.
****** Методы исследования грунтов, 1933, стр. 92—99. и Свирьстрой. Гидрология грунта.
******* Д. П. Крынин. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 1932, april.
******** O. Herz. Zeitschr. d. Öst. Ing. u. Arch. Ver., Vol. 83, 1931, H. 9—14.

деревянной, помещающейся в средине ящика и быстро отодвигаемой. Грунт насыпается в ящик с требуемой плотностью и влажностью, деревянная стенка быстро отнимается, и грунт осыпается под углом, легко измеряемым по разграфленным стеклянным стеклам. Опыт надо вести с разными высотами засыпки.

При втором способе ящик с четырьмя глухими стеклянными стенками ставят на ребро, насыпают грунт, занимающий треугольную призму, и плавно ставят ящик на грань, отсчитывая угол по разграфленному стеклу. В этом ящике наблюдают и угол естественного откоса грунта, полностью погруженного в воду.

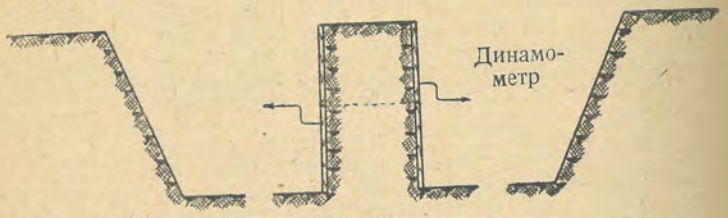


Рис. 34.

2. Сопротивляемость грунта вертикальной нагрузке

Под так называемой допустимой нагрузкой следует разуметь такую нагрузку, которая вызывает осадку абсолютно небольшую (для песка до 1 см, для глин до 3 см, в особых случаях и больше), т. е. такую, какую допускают производственные процессы и для всех частей сооружения одинаковую и, следовательно, обеспечивает отсутствие большой и неравномерной осадки. Так как природные грунты очень разнообразны и находятся в постоянно меняющихся условиях и так как осадка при одинаковой единичной в кг/см² нагрузке зависит от размера давящей площадки и ее формы, то определение допустимой нагрузки можно сделать лишь на основе данных испытания грунта.

а) **Пробные нагрузки.** Для выяснения зависимости деформации грунта от: а) величины нагрузки, в) размера и формы давящей площади, с) повторности циклов нагрузки — разгрузки и д) от длительности действия нагрузки производятся пробные загружения.

Прибор Черкасова * (рис. 35) для пробного загружения состоит из: 1) дубового параллелепипеда площадью 10×10 см² и высотой 20 см, с привернутой к нему снизу стальной пластинкой, 2) приболченной к нему железной плиты 40×40 см², толщиной 5—6 мм, 3) соединенной с ней рамы из 5 двутавров № 12—16, длиной по 1 м каждый, 4) лежащей на двутаврах загрузочной съемной платформы от 1×1 до 1,5×1,5 м², 5) вертикально стоящей железной трубы диаметром 4—6 см и высотой 2,5—3,0 м, 6) микрометренного винта для измерения осадок с точностью до 0,01 мм, 7) набора башмаков от 20×20 см до 1×1 м², подкладываемых под давящий дубовый штамп. **

* Подробно прибор и метод опыта описаны в работе А. А. Черкасова: Метод пробного загружения. Труды Всес. научно-исследовательского ин-та гидротехники и мелиорации, 1935, т. XIV.

** По «Инструкции по исслед. строит. свойств грунтов на месте постройки». ВИОС, изд. 1933 г., стандартные штампы для полевых испытаний грунтов имеют размеры 70,7×70,7 = 5 000 см². При необходимости учесть влияние площади штампа применяют еще штампы 50×50 см и 100×100 см. Указанной инструкцией рекомендуется руководствоваться при подобных исследованиях.

При испытании роется шурф 2×6 м в плане до испытуемого горизонта, отрываемого непосредственно перед опытом и планируемого в местах постановки башмака под уровень. Прибор ставится по отвесу и уровню и погружается постепенными прибавками (от 0,05 кг/см² для слабых грунтов, до 0,15—0,35 кг/см² для средних и 0,4—0,6 кг/см² для крепких) через интервалы времени, в течение которого осадка от предыдущей ступени затухает. При спешности опыта интервал соответственно сокращается, оставаясь более 15 мин. Осадки измеряются микрометренным винтом, закрепленным на рейке, лежащей на двух столбах, врытых в землю на берегах шурфа. Нагрузки центрируются, и труба прибора всегда вертикальна.

Наблюденные осадки S с соответствующими им единичными нагрузками q наносят на диаграмму (рис. 36) и получают кривую $S=f(q)$. Начальная часть этой кривой является прямой до некоторого груза $q_{пр}$, называемого пределом пропорциональности осадок нагрузкам. Далее на кривой отмечают $q_{разр}$, при которой наблюдаются резкая осадка, обрыв, а на некоторых грунтах, кроме того, и выпучивание и растрескивание грунта у штампа. $q_{разр}$ всегда больше $q_{пр}$, и отношение $\frac{q_{пр}}{q_{разр}}$ колеблется от $^4/_5$ до $^1/_3$. При $q < q_{пр}$ осадка пропорциональна нагрузке, и допустимая нагрузка $q_{доп} = \alpha\, q_{пр}$, где

$$\alpha < 1 \text{ (обычно } \alpha = {}^1/_4 - {}^1/_2).$$



Рис. 35. Прибор Черкасова.

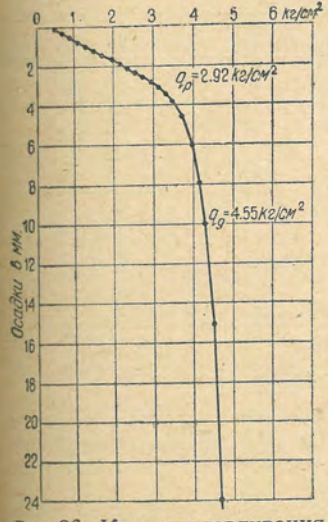


Рис. 36. Кривая вдавливания.

б) **Зависимость осадки от размеров и формы давящей площадки** экспериментально выясняется подобными же пробными загружениями на разных башмаках, которые в числе не менее 4 дают кривую, позволяющую в небольших пре-

делах экстраполяцией определять осадку фундамента (рис. 37); однако значительная экстраполяция может дать неверные результаты.

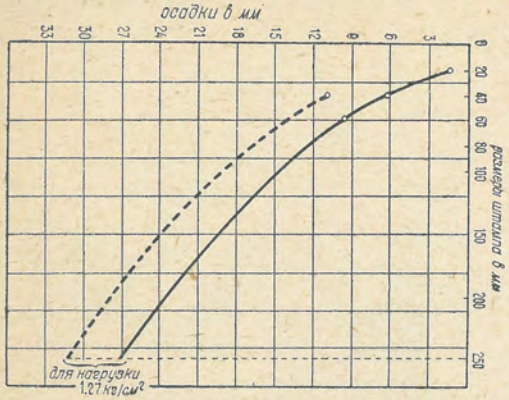


Рис. 37. Зависимости осадка от величины штампа.

в) **Зависимость осадки от длительности действия постоянной нагрузки** определяется также пробным загружением (рис. 38). В США считают, что под $q_{доп}$ осадка должна затухнуть не позже 48 час., под 1,5 $q_{доп}$ — не позже 96 час.

г) **Для отделения упругих осадок от остаточных и** выяснения поведения грунта при повторных циклах „нагрузка—разгрузка" прибор нагружают ступенчато через некоторые интервалы времени до 0,25 $q_{пр}$ и с той же постепенностью разгружают, затем повторяют тот же цикл до 0,5 $q_{пр}$, 0,75 $q_{пр}$ и $q_{пр}$. Результаты дают так называемые петли гистерезиса I—I, II—II, III—III, IV—IV (рис. 39), причем должно быть

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \operatorname{tg}\beta_2 = \operatorname{tg}\beta_3 = \operatorname{tg}\beta_4 = \frac{q_n - q_o}{s_n - s_o}$$ равно

так называемому коэфициенту упругости *, выражающемуся в кг/см³.

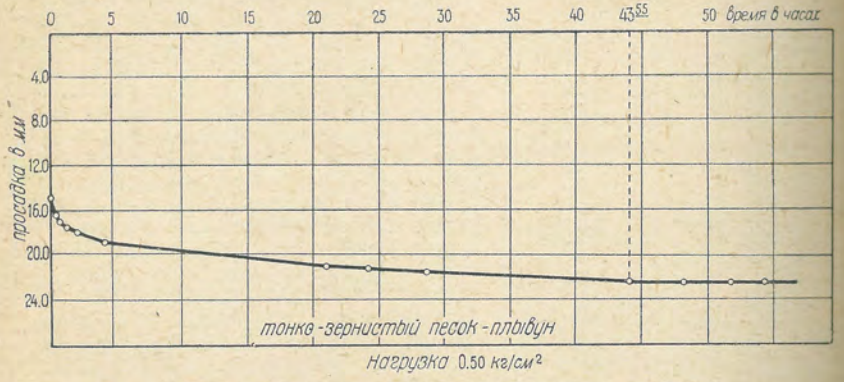


Рис. 38. Зависимости осадка от длительности действия.

д) **Пробные загружения на больших глубинах** производятся в широких скважинах, проводимых обсадной трубой. По Вольфсгольцу ** в скважине ниже конца обсадной трубы укладывается испытательная плита, от которой идет вверх пустотелая труба, соединенная с поршнем цилиндра, создающего с помощью воды давление, передаваемое на основание. Цилиндр устанавливается на поперечной балке, соединенной с обеих сторон с нагруженной платформой, которая может передвигаться по рельсам.

Для испытания на глубине служат также приборы Терцаги, Кеглера *.

Этими приборами следует испытать грунт послойно на глубину распространения значительных давлений, размер которых определяется по уравнению Бусинеска, приемом Гильбоя **, или по правилу Шейдига. ***

В Австрии **** для пробного загружения пользуются гладким конусом высотой 20 см, снизу прикрепленным к игле площадью поперечного сечения 50 см². Конус вдавливается в землю нагрузкой, увеличивающейся по 0,5 кг/см², считая на площадь верхнего сечения конуса, через 5 минут, до двойной, предвидимой для сооружения нагрузки. Затем место нагрузки затопляется водой на 12 час. Если для сооружения допустима осадка 3 см и конус осел не более 6 мм, заданная нагрузка считается допустимой. Для сооружений с допустимой осадкой до 1 см конус должен осесть не больше 4 мм. При этом предполагается, что грунт с испытанными свойствами имеет толщину не менее $20\sqrt{d}$ дм, где d — наименьшая ширина фундамента в дециметрах.

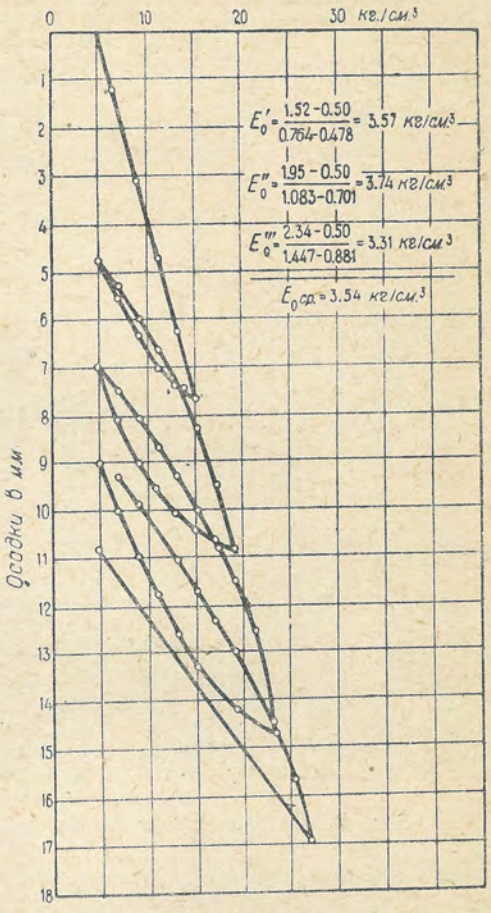


Рис. 39. Деформация глины при повторных циклах.

В СССР широко пользуются прибором КОМСТО ***** и методом Института оснований и фундаментов ******. Заслу-

* Коэфициент упругости размерностью кг/см³ не следует смешивать с модулем упругости размерностью кг/см².

** Иванова. Методы исследования грунтов, 1933, стр. 10—107.

* Строительная промышленность, 1930, № 6.

** См. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 1933, May, Reportof Special Committee. 36.

*** Шейдиг. Новейшие исследования грунта, 1931, Союзстрой, сообщ. 36.

**** R. Schindler. Handbuch des Hochbaues, 1932.

***** Инструкция по испытанию и исследованию строительных свойств грунтов на месте работ, 1930.

****** Иванова. Методы исследования грунтов, стр. 111—112.

живают внимания также приборы Штерна и Амер. общества гражд. инженеров.

Для лабораторных испытаний можно пользоваться прибором Черкасова (рис. 40) со многими сменными штампами от 0,5 до 5,0 см диаметром. Грунт для такого испытания берется в естественном строении (ненарушенная структура) стальным цилиндром $Д=20—25$ см и диаметр d давящего штампа берется $d<0{,}2\ Д$. Производство опыта аналогично описанному производству полевого опыта.

Разумеется, грунт должен испытываться в том состоянии, которое ожидается в процессе работы сооружения.

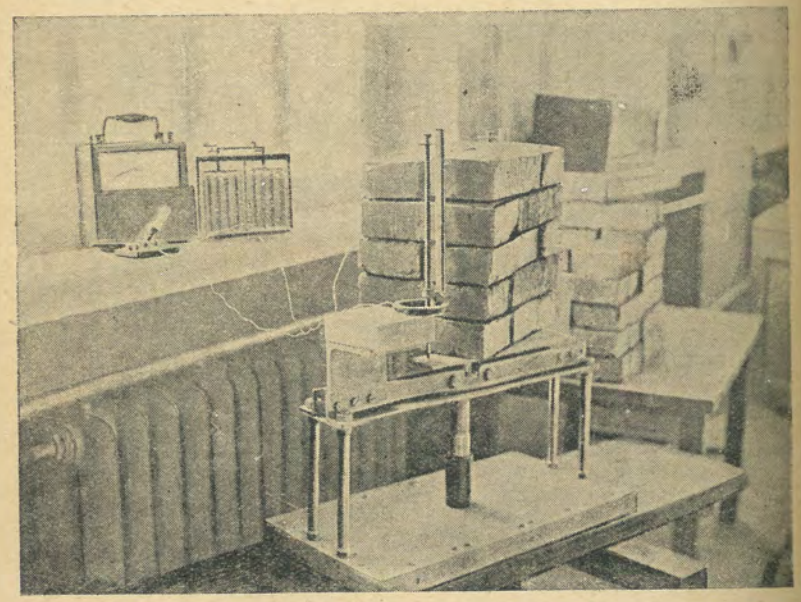


Рис. 40. Прибор Черкасова для лабораторных испытаний.

е) Изменение пористости (скважности) при всестороннем сжатии грунта определяется различными приборами: Терцаги, Черкасова (рис. 40) и др. Образец грунта требуемой влажности помещается в латунный или стальной цилиндр, поставленный на чугунную подставку. Порошкообразный грунт насыпается в цилиндр с максимально возможной скважностью без постукиваний, встряхиваний и трамбовки. Грунт сдавливается сменным штампом, входящим в цилиндр с малым зазором, для исключения трения и для выхода выдавливаемой воды (если последняя не уходит в пористый камень, положенный в нижней части цилиндра), штамп надавливается грузом, накладываемым на платформу и передаваемым поршнем, проходящим сквозь направляющее латунное кольцо. Нагрузка увеличивается ступенями, размер которых определяется с желаемой точностью, и с интервалами времени, необходимыми для полного затухания осадки под каждой промежуточной нагрузкой. Осадка измеряется двумя микрометренными винтами (с точностью до 0,01 мм), при измерении касающимися платформы в двух противоположных по диагонали углах платформы для уточнения осадки и поверки горизонтальности платформы и вертикальности давления. Момент касания контролируется миллиамперметром. В лабораторной практике СССР в настоящее время наиболее распространен прибор Терцаги. По осадкам вычисляют новые объемы и скважности и строят диаграммы давления и скважности при отсутствии бокового расширения (рис. 41). Это будет так называемая компрессионная кривая, используемая при разнообразных расчетах оснований

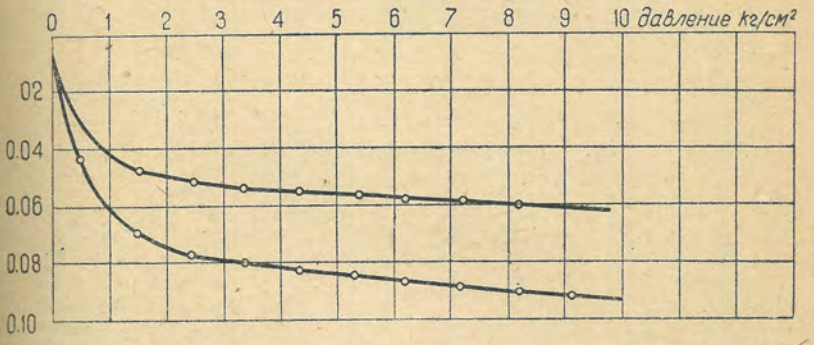


Рис. 41. Кривая зависимости коэфициента уплотнения от давления.

сооружений, земляных плотин и пр. Существенно важным является так называемый коэфициент уплотнения

$$a = \frac{E_0 — E_1}{P_1 — P_0}, \text{ в } \left(\frac{см^2}{кг}\right),$$

где E_0 и P_0 начальные пористость и нагрузка на грунт в кг/см² и E_1 — пористость при нагрузке P_1.

8. Взятие проб и подготовка их к испытанию

Так как на осадку сооружения могут повлиять слои грунта, лежащие даже на большой глубине, то грунт надо исследовать по крайней мере бурением на глубину, равную меньшему размеру сооружения в плане, а в случае вытянутой формы сооружения—на глубину не меньше 30 м *. Количество скважин должно быть тем большее, чем пестрее грунт, чем вероятнее наличие линз или даже пустот. Так как в узких скважинах мазки предыдущих слоев на стенках могут запачкать последующие пробы и тем повести к ошибке в их определении, надо бурить скважины не уже 7,5 см диаметром.

При записи характеристики проб полезно руководствоваться следующим советом Терцаги **.

Часть извлеченной буром пробы высушивают при комнатной температуре, и она окажется либо сыпучим порошком либо более или менее твердым телом.

* Шейдиг., „Новейшие исследования грунта", 1931, Союзстрой, сообщ. 36.
** К. Терцаги. Инженерная геология, 1933, стр. 24—26.

В последнем случае пробу опускают в воду, насыщают водой, пока она перестанет изменяться наглаз, и с водой встряхивают; проба либо распадется либо останется неизменной. В последнем случае пробу вновь высушивают и пропитывают водой, после чего она либо опять останется неизменной либо разламывается на части. Наконец, пробу испытывают на открытом пламени. Результаты этих операций дают возможность использовать следующую таблицу типов грунтов:

После 1-го высушивания	После встряхивания пробы с водой	После повторного высушивания и пропитывания	На открытом пламени	Тип грунта
Образует вязкую более или менее твердую массу	Без изменения	Сжимается и разбухает	Сгорает	а) Волокнистые органические массы
		Без изменения	Без изменения	б) Плотная устойчивая порода
		Распадается на более мелкие части	—	в) Крошащаяся порода
	Распадается лишь отчасти на более мелкие куски	—	—	г) Частично сцементированное скопление зерен
	Распадается вполне на отдельные зерна	—	Без изменения	д) Несцементированное скопление зерен, связанных сцеплением
		—	Сгорает вполне или отчасти	е) Аморфные органические массы
Состоит из отдельных зерен	—	—	—	ж) Скопление зерен, не связанных сцеплением

Группы *а* и *е* могут иметь значение при каналах, грунтовых дорогах, легких зданиях, ж.-д. полотне. Их сжимаемость и сопротивление нагрузке более или менее одинаковы.

Если группы *б* и *в* служат основанием, то определяющим является сопротивление давлению, а для трещиноватых — характер трещиноватости и водопроводимость.

Группа *д* — сложная. Здесь надо различать глинистый песок, ил, суглинок и глину. Для отличения глинистого (или загрязненного) песка от ила скатывают в руках колбасу в 2 см; если выступающий из рук кончик колбасы отламывается от собственного веса, имеем глинистый песок, у ила этот кончик вытягивается. Глина пластичнее и светлее по окраске, чем ил. По консистенции делят глину на мягкую, среднюю и твердую. Суглинок (разных степеней) и супесок наглаз различаются небезупречно. Тип *ж* — несвязанные песок или гравий. Уточнение номенклатуры делается позже в лаборатории.

Литература (кроме приведенной в тексте)

1. Терцаги — Строит. механика грунтов. 1933 г.
2. Герсеванов Н. М. — Основы динамики грунтовой массы. Изд. 2, 1934 г.
3. Цытович Н. А. — Основы механики грунтов, 1934 г.
4. Иванов и Пономарев — Строит. свойства грунтов, 1932 г.
5. Сборники ВИОС, № 1—4.

Г. Геолого-разведочные работы. Бурение

ГЛАВА X

РУЧНОЕ БУРЕНИЕ

Введение

Бурением называются прокалывание, пробивание, долбление, сверление или вытачивание в земной коре цилиндрических или телескопических, сравнительно со своей глубиной очень узких — не более 1,5 м в диаметре — углублений, так называемых буровых скважин. Оно производится особыми инструментами — б у р а м и, которые в ручном единичном мелком бурении часто приводятся в действие от руки, а при глубоком бурении и мелком массовом — особыми буровыми станками.

Наибольшее распространение в разведочном деле в области гидротехники и мелиорации имеют или должны иметь следующие виды бурения:

1) зондировка;
2) забивное бурение;
3) обыкновенное мелкое ручное вращательное и ударное бурение сухое;
4) обыкновенное глубокое ручное ударное бурение сухое и с промывкой;
5) канатное бурение передвижными станками;
6) быстровращательное бурение алмазами или их суррогатами;
7) быстровращательное бурение дробовое;
8) комбинированное вращательно-ударно-забивное ручное и конное бурение буром Эмпайр.

Самая глубокая скважина на земле в Калифорнии — 3 875 м, в Европе — в Силезии, у Чухова — 2 240 м.

§ 29. Оборудование и инструменты для разведочного бурения

Мелким бурением можно считать бурение скважин глубиной до 40 м. В зависимости от целей бурения и твердости пород мелкое ручное бурение сухое производится: обыкновенным зондом, буром-зондом Гиллера, забивным буром-щупом, вращательным буром Болькена или Розанова, буровым стаканом на канате, обыкновенным вращательно-ударным буром (тип Войслава).

1. Бур-зонд

Для исследования мощности торфяных залежей или ила можно применить обыкновенный зонд (рис. 1).

Для послойного исследования залежи может служить бур-зонд Гиллера длиной 4—6 м (рис. 2).

Чтобы исследовать торф послойно, ставят зонд вертикально, закрывают коробку челнока и, вращая слегка вправо, нажимают на ручки, чем загоняют зонд на намеченную глубину (через 0,5—0,25 м), отмечаемую делениями на штанге. Затем вращают зонд влево на 3—4 оборота, отчего коробка зонда открывается и забирает образец торфа. После этого резко повертывают зонд

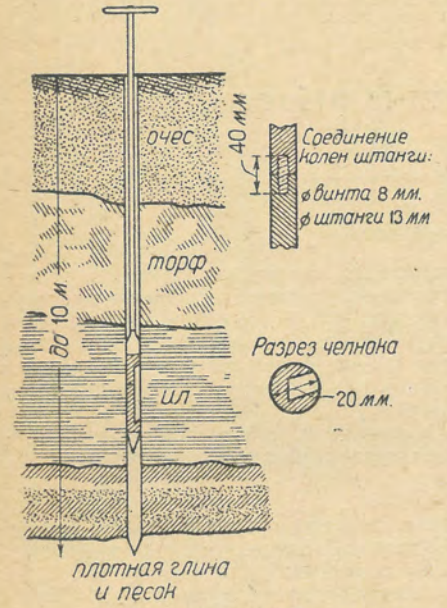


Рис. 1. Обыкновенный бур-зонд.

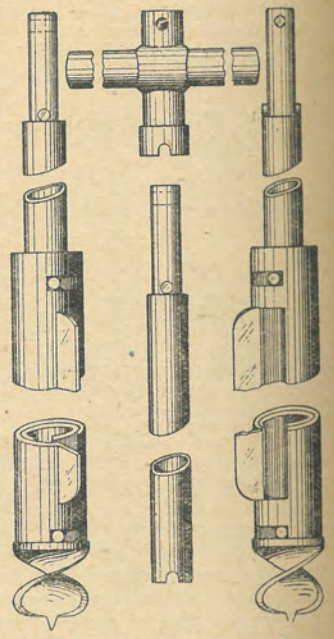


Рис. 2. Бур-зонд Гиллера.

вправо на 3—4 оборота — челнок закрывается, и слегка вращая вправо же, чтобы он не открылся, вынимают бур на поверхность земли и вынимают образец торфа.

Недостаток зонда — в малой прочности соединений и деформации образцов торфа.

2. Бур-щуп

Если требуется не составление разреза, а только прослеживание поверхности какой-либо обычно твердой породы при залегании ее на глубине 3—5 м, можно воспользоваться щупом (рис. 3). Щуп загоняется в землю ударами деревянной колотушки, затем повертывается на 1—2 оборота и вынимается. Благодаря бороздкам (рис. 4) или заусенкам (рис. 3) захватывается порода с той глубины, на которую забит щуп, но не всегда, а потому получение точного разреза по этим образцам построить в большинстве случаев нельзя.

Лучше щуп английский (рис. 5), снабженный усовершенствованными шарнирными зажимными ручками *ab*, которые при опускании щупа ставят в положение *ab*, при вытаскивании же — в положение *cd*. Сначала забивают щуп до намеченной глубины с забойным наконечником *e*, а затем вынимают. Для взятия же образца породы после этого опускают щуп с полым наконечником *f*.

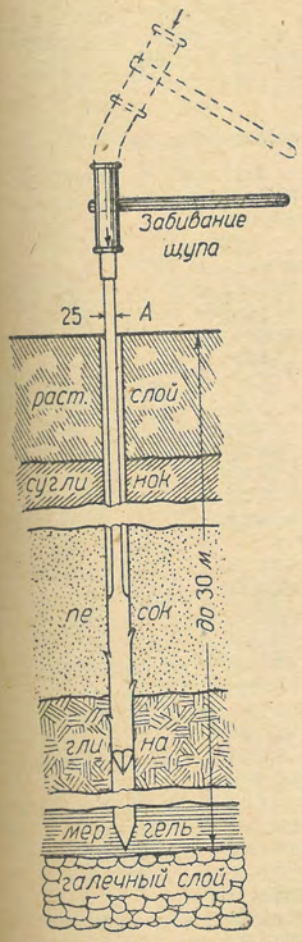


Рис. 3. Бур-щуп заершенный.

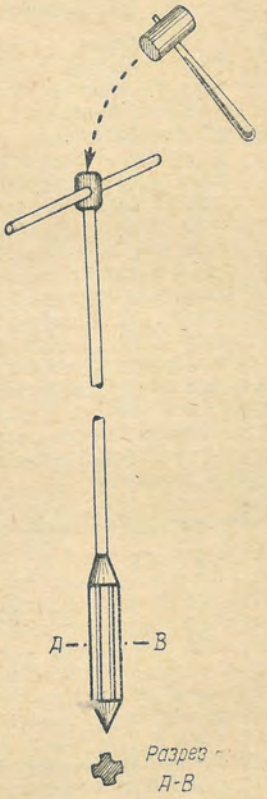


Рис. 4. Бур-щуп обыкновенный разведочный.

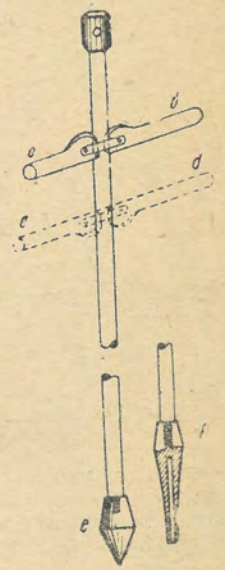


Рис. 5. Бур-щуп английский.

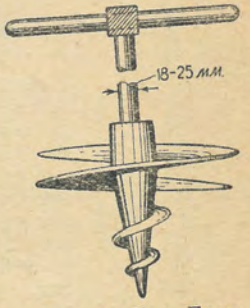


Рис. 6. Бур Болькена.

3. Буры Болькена и Розанова

Обыкновенное мелкое до 5 м вращательное бурение с малой скоростью вращения и большим давлением на забой. Мелкое бурение до глубины 5 м и диаметром от 5 до 60 см в мягких устойчивых породах (супеси, суглинке)

можно выполнить буром Болькена, обычно называемым земляным буром (рис. 6). Бурение ведется вращением его, причем загоняется он сразу на 5—10 см, иначе его трудно вытаскивать и можно поломать тарелку. Этим буром с успехом бурят ямки для постановки столбов, выигрывая во времени и стоимости в 3—4 раза против копания ям лопатой. Вместо этого бура с успехом применяют бур Розанова (рис. 7 для рыхлых пород и рис. 8 — для плотных глинистых пород).

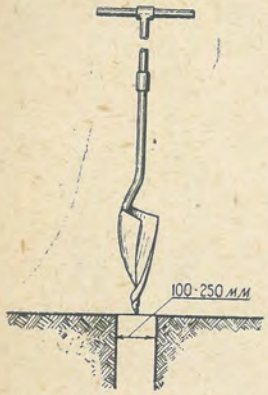


Рис. 7. Бур Розанова для рыхлых пород.

4. Буровой стакан (рис. 9а, б)

При работе буровым стаканом действуют ударами, для чего один рабочий поднимает его (вес бура 6—10 кг) и, придав вертикальное положение, с силой ударяет несколько раз в забой скважины. Когда стакан набьет породу, он перестанет углубляться. Тогда его вынимают из скважины и очищают. Для этого лучше пользоваться пластиной с вбитым в нее вертикально железным острием. Когда штанга почти вся ушла в скважину, для подъема бура привязывают 25-миллиметровый канат и бур поднимают уже на нем. Если скважина бурится более 3—5 м, лучше поставить треногу и поднимать буровой стакан на канате через блок треноги (рис. 10).

В устойчивых мягких породах (мелу, мергеле) буровым стаканом проходят скважины и до 40 м.


Рис. 8. Бур Розанова для глинистых пород.

5. Вращательно-ударный бур

Обыкновенное ручное разведочное штанговое вращательное и ударное бурение скважины до глубины 100 м в мягких породах или с незначительным количеством небольших валунов или прослоев мягкого камня.

а) **Бурение до глубины 40—60 м.** Для скважин глубиной до 40 и до 60 м можно применять **бур** с диаметром обсадных труб 89/78—60/50 мм, части которого приведены в спецификации № 1 стр. 528.

Следует отметить, что при обыкновенном вращательном и ударном бурении для получения более точных результатов бурения следует бурить скважины с обсадными трубами не менее 89/78 мм диаметром, так как буры меньших диаметров часто породу не бурят, а протыкают, пропуская прослойки.

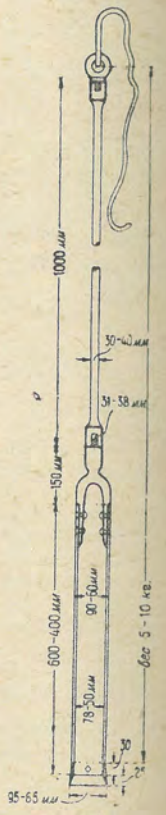


Рис. 9а. Буровой стакан.

Этим буром скважины глубиной до 4 м бурят без треноги, а глубже лучше бурить с треногой, которая делается из жердей длиной до 6,5—8 м и толщиной в верхнем конце до 12 см, схваченных вверху болтом (диаметром 25 мм) и канатом или цепью. Посредством серьги или прямо на болт подвешивают блок с перекинутым через него канатом (d=31 мм) с крюком для подвешивания бура за шарнирную пробку или фарштуль. Затем в месте скрепления

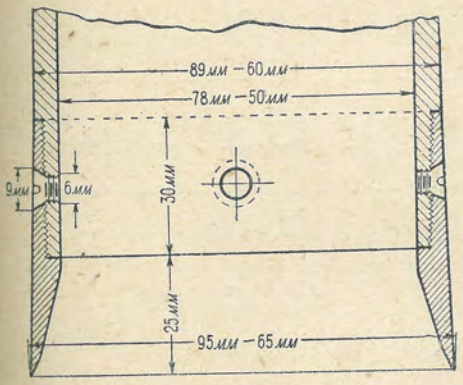


Рис. 9б. Башмак бурового стакана.

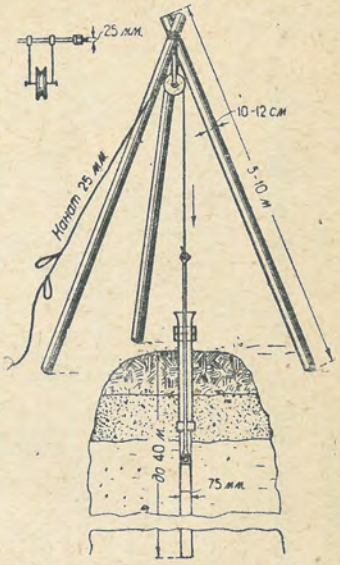


Рис. 10. Бурение буровым стаканом с треногой.

жердей на треноге закрепляют конец каната и один раз его обертывают в виде свободного кольца около места скрепления, а конец спускают по одной из ног.

При скважине глубже 15 м лучше треногу заменить копром четырехногим (рис. 11). Он состоит из 4 жердей-ног толщиной до 12 см и длиной 8,5 м, схваченных вверху болтом 38 мм, длиной 60 см, на котором подвешен двойной блок для бурового и желоночного каната. Копер часто расшивается по высоте двумя поясами из 12-сантиметровых жердей (3 — по 4,3 м, 3 — по 2,1 и 2 — по 1 м) с досчатым 7 см настилом (всего досок 40 м) и снабжается воротом диаметром 15,5 см, и длиной 1 м на железной 38-миллиметровой оси длиной 1,5 м с ручками. Ворот снабжается храповым, или фрикцион-

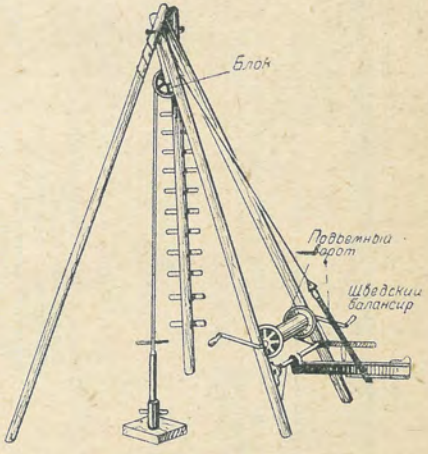


Рис. 11. Буровой копер четырехногий.

СПЕЦИФИКАЦИЯ № 1

комплекта бурового оборудования для ручного штангового ударно-вращательного бурения в трубах 89/78×60/50 мм до глубины 40—60 м

№ пп.	№ чертежей	Наименование	Размер	Количество	Вес частный	Вес общий	Цена	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Принадлежности вышки						
1		Блок одношкивный 0,85 т	200 мм	1	20,8	20,8	64—41	64—41
2		Крюк вертлюжный	1 т	1	3,2	3,2	13—90	13—90
3		Шкворень с серьгой	38×600	1	11,16	11,16	19—22	19—22
4		Лебедка копровая	1 т	1	234,0	234,0	441—00	441—00
5		Трос стальной	10 мм	20 м	0,38	7,6	0—85	17—00
		Штанги и принадлежности к ним						
6		Штанги трубчатые с муфтами	33 мм	45 м	3,56	16,2	4—80	216—00
7		Вертлюг, пробка для штанг	33 »	1	3,2	3,2	13—74	13—74
8		Замки для соединения штанг	33 »	8	2,2	17,6	9—07	72—56
9		Ключи откидные до	50 »	2	2,56	5,12	11—88	23—76
10		Элеваторы штанговые (фарш)	33 »	2	3,29	6,58	18—89	37—78
11		Хомуты шарнирные	33 »	2	5,56	11,12	24—85	49—70
12		Муфты запасные для штанг	33 »	5	0,56	2,8	4—76	23—80
13		Штанги ударные	60×2000	1	36,0	36,0	24—45	24—45
14		» »	42×1500	1	16,0	16,0	12—61	12—61
15		Переводник с ударной штанги на рабочую	60×33 мм	1	3,0	3,0	10—12	10—12
16		Ключи для ударных штанг	60 мм	2	4,95	9,9	19—66	39—32
17		» » » »	42 »	2	3,0	6,0	14—24	28—48
18		Ушко желоночн. кон. № 1	—	1	0,9	0,9	5—59	5—59
		Обсадные трубы и принадлежности к ним						
19		Трубы обсадные с муфтами	89×78	25 м	11,2	280,0	11—85	296—25
20		» » »	60/15	45 м	6,8	305,0	8—00	360—00
21		Башмаки фрезерные для труб	89/78	2	2,0	4,0	14—97	29—94
22		Башмаки фрезерные для труб	60/50	2	0,95	1,9	10—48	20—92
23		Хомуты железные для труб	89/78	1	10,66	10,66	17—07	17—07
24		Хомуты железные для труб	60/50	1	6,56	6,56	8—68	8—68
25		Ключи гаечные для железных хомутов	1×7/8	2	0,25	0,5	4—50	9—00
26		Болты для деревянных хомутов	32×400	2	6,6	13,2	14—74	29—48
27		» » »	25×250	2	3,4	6,8	8—08	16—16
28		Головка универсальная для труб	89/78	1	4,7	4,7	17—88	17—86
29		» » » »	60/50	1	2,67	2,67	13—99	13—99
30		Муфты зап. для труб	89/78	2	2,0	4,0	11—59	23—18
31		» » » »	60/50	3	0,85	2,55	7—24	21—72
		Инструмент						
32		Желонка с плоским клапаном	70×1750	1	19,8	19,8	48—52	48—52
33		То же с шаров. клапаном	44×1750	1	5,68	5,68	17—56	17—56
34		Башмаки желоночн. запасн.	70 мм	1	0,75	0,75	8—36	8—36
35		Бур ложковый для заб.	108 »	1	17,6	17,6	48—28	48—28
36		» » » в трубах 89/78	74 »	1	7,5	7,5	27—33	27—33
37		Башмаки желон. запасн.	44 »	1	0,2	0,2	6—50	6—50
38		Бур ложковый для заб. в тр. 60/50	47 »	2	4,05	8,10	18—08	26—16
39		Бур спиральный в трубы 89/78	72 »	1	4,0	4,0	18—67	18—67
40		» » » 60/50	47 »	1	2,1	2,1	14—51	14—51
41		Долота плоские	72 »	2	7,2	14,4	15—99	31—98
42		» »	47 »	2	2,75	5,5	9—45	18—90
43		» 2-тавровые	72 »	1	8,0	8,0	18—64	18—64
44		» »	47 »	1	2,25	2,25	11—54	11—54
		Ловильный инструмент						
45		Метчик для штанг	33 мм	1	1,5	1,5	16—50	26—50
46		Колокол для штанг	33 »	1	0,7	0,7	17—11	17—11
		Стоимость комплекта	—	—	—	129,68	—	2318,27

Примечание I. 1. Длина штанги обсадных труб 1,2—2 м и по одной трубе и штанге длиной 1 м и 0,5 м.

2. Желательно иметь два цепных ключа № 3.

Примечание II. Для возможности выполнения откачек необходимо иметь:

№ пп.	№ чертежей	Наименование	Размер	Количество	Вес частный	Вес общий	Цена	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9
							Цены ориентировочн.	
		1) Фильтр длиной 1, 2 и 3 м	60/50 мм	6 м	7,0	42,0	20—00	120—00
		2) » » 1, 2 и 3 м	42/36 »	6 »	5,2	31,2	15—00	90—00
		3) Ключ тавровый для опускания фильтра	60/50 »	1	1,5	1,5	8—00	8—00
		4) » » » »	49/86 »	1	1,0	1,0	5—00	5—00
		5) Сдвоенный поршень Летестю	78 »	1	7,5	7,5	75—00	75—00
		6) » » »	50 »	1	4,0	4,0	40—00	40—00
		7) Тройник	89/78 »	1	3,0	3,0	15—00	15—00
		8) »	60/50 »	1	2,0	2,0	10—00	10—00
		Прибор для промывки						
		1) Сальник промывочный	33 мм	1	6	6	60—00	60—00
		2) Насос Иматра (завода «Красный факел»), или Гарда с воздушным колпаком (произв. до 1 л/сек)	№ 3	1	60	60	120	120
		3) Рукав спиральный забирный	38 мм	2 м	2,0	2,0	10—00	20—00
		4) Рукав нагнетательный	31 »	6 м	5,0	5,0	4	24—00

Примечание III. Для бурения на глубину свыше 40 и до 60 м необходимо добавить соответствующее количество штанг и обсадных труб.

Примечание IV. Для бурения с промывкой надо иметь долота и ударные штанги с каналом по оси.

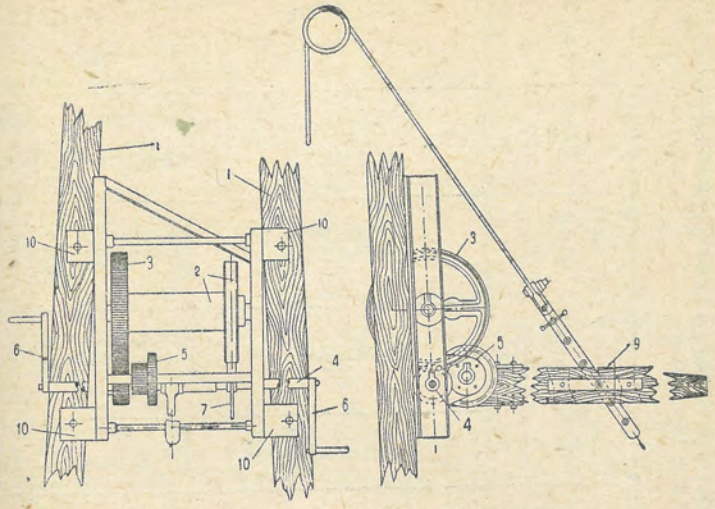


Рис. 11а. Настенная лебедка.

ным (колодочн.), тормозом. Лучше ворот заменить настенной лебедкой (рис. 11а) с подъемной силой до 1 т. Кроме того, внизу копра под воротом, или лебедкой, подвешивается на болте или шкворне одноплечий (шведский) балансир, который состоит из бруска длиной 2—3 м и сечением 10×6 см или 12×8 см. На другом конце балансира продета рукоятка для рабочих. В расстоянии 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 м от оси вращения в балансире имеются отверстия, которые служат для постановки на болте и обойме блока или зажима. Обойма должна быть разъемная, чтобы возможно скорее заправлять на блок буровой канат.

б) **Бурение на глубину до 100 м.** Для ручного штангового бурения разведочных скважин глубиной до 100 м можно воспользоваться буром, охарактеризованным в следующей спецификации № 2 стр. 532.

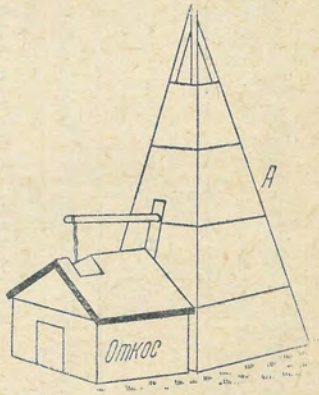


Рис. 11б. Буровая вышка с верхним балансиром

Технические условия

На приемку инструмента для ручного ударно-вращательного бурения на 1935 г.

Ручной буровой комплект в основном состоит: а) обсадные трубы, б) принадлежности для обсадных труб, в) трубчатые штанги, г) принадлежности для них, д) рабочие наконечники, е) подъемные принадлежности.

Общие условия

Весь буровой инструмент изготовляется в соответствии с чертежами и из материалов указанных в чертежах. Материалы, идущие на изготовление бурового оборудования, не должны иметь пороков в виде плен, трещин, раковин и т. п. Поверхности готовых изделий, за исключением точеных, в предупреждение ржавления окрашиваются масляной краской, кроме обсадных труб и штанг, а точеные поверхности и резьбы смазываются густой смазкой.

СПЕЦИФИКАЦИЯ № 2

комплекта бурового оборудования для ручного штангового ударно-вращательного бурения в трубах 168/155×127/115×89/78 до глубины 75—100 м

№ пп.	Наименование	Размер	Количество	Вес частный	Вес общий	Цена	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8
	Принадлежности вышки						
1	Блок 2-роликовый гр/п. 3 т	320 мм	1	53,00	53,00	102—92	102—92
2	Блок однороликовый гр./п. 1,5 т	320 »	1	42,8	42,8	58—39	58—39
3	Крюк вертлюжный гр/п. 1,5 т	—	1	4,3	4,3	29—00	29—00
4	Лебедки копровые гр/п. 1,5 т	—	1	398,0	398,0	600—00	600—00
5	Шкворень с серьг.	38×700 мм	1	13,0	13,0	12—70	12—70
6	Тросс стальной	15 мм	30 м	0,9	27,0	1—75	52—50
7	» »	10 »	100 м	0,2	20,0	0—85	85—00
	Штанги и принадлежности к ним						
8	Штанги трубчатые с муфтами	42 »	80 м	5,08	406,4	5—50	—
9	Вертлюг, пробка для штанг	42 »	1 шт.	3,6	3,6	12—00	12—00
10	Замки для соединительных штанг	42 »	10	4,2	42,0	10—50	105—00
11	Ключи откидн. до	70 »	2	5,6	11,2	30—00	60—00
12	Элеваторы (фарш.) для штанг	42 »	2	7,0	14,0	19—50	39—00
13	Хомуты шарн. для штанг	42 »	2	7,5	15,0	30—00	60—00
14	Муфты зап. для штанг	42 »	10	0,7	7,0	2—00	20—00
15	Штанги ударные с промыв. каналом	—	—	—	—	—	—
15а	» » » »	100×2500	1	146,0	146,0	110—00	110—00
16	» » » »	80×2000	1	67,0	67,0	60—00	60—00
17	» » » »	60×2000	1	36,0	36,0	46—00	46—00
18	Переводники с ударн. штанг	100×80	1	14,5	14,5	25—50	25—50
19	» » ударной на рабочую	80×60	1	8,1	8,1	20—00	20—00
20	» » » » »	80×42	1	5,5	5,5	14—00	14—00
21	» » » » »	60×42	1	3,4	3,4	8—00	8—00
22	Ключи для ударных штанг	100 мм	2	8,5	17,0	40—00	80—00
23	» » »	80 »	2	4,9	9,8	33—50	67—00
24	» » »	60 »	2	3,7	7,4	30—95	61—90
25	Переход с конуса № 2 на конус № 1	—	1	3,0	3,0	8—50	8—50
26	Ушко желоночное конус № 2	—	1	1,7	1,7	5—50	5—50
	Обсадные трубы и принадлежности к ним						
27	Трубы обсадные с муфтами	168/155	20 м	28,5	570,0	10—00	200—00
28	» » »	127/115	45 м	17,9	805,0	11—00	495—00
29	» » »	89/78	80 м	11,3	904,0	6—00	480—00
30	Башмаки фрезерные для труб	168/155	1	9,0	9,0	42—15	42—15
31	» » »	127/115	2	3,8	7,6	23—15	46—30
32	» » »	89/78	2	2,0	4,0	8—94	17—88
33	Хомуты железные для труб	168/155	1	34,0	34,0	12—47	12—47
34	» » »	127/115	1	19,1	19,1	8—00	8—00
35	» » » »	89/78	1	10,9	10,9	5—02	5—02
36	Болты для деревянных хомутов	38×600	2	11,4	22,8	14—50	29—00
37	» »	32×450	2	6,5	13,2	9—74	19—50
38	Ключи гаечные для железных хомутов	17/8"	2	0,25	0,5	4—50	9—00
39	Головки универсальные для труб	168/155	1	16,2	16,2	30—00	30—00
40	» » »	127/115	1	10,0	10,0	17—50	17—50
41	» » »	89/78	1	4,7	4,7	11—95	11—95
42	Муфты зап. для труб	168/155	1	6,6	6,6	15—00	15—00
43	» » »	127/115	2	3,2	3,2	12—00	24—00
44	» » »	89/78	2	2,0	2,0	9—20	18—40
	Рабочий инструмент						
45	Желонка с плоск. клапан. в трубы 168/155	127 мм	1	45,7	45,7	47—30	47—30
46	» » » » 127/115	95 »	1	30,4	30,4	35—25	35—25
47	» » » » 89/78	70 »	2	19,8	39,6	31—34	62—68
48	Башмаки желон. запасные	127 »	1	2,5	2,5	20—50	20—50
49	» » »	95 »	2	1,2	2,4	17—41	34—82
50	» » »	70 »	2	0,75	1,5	12—80	25—60
51	Бур ложковый для заб. в трубы 168/155	190 »	1	82,5	82,5	70—00	70—00
52	» » 127/115	145 »	1	21,5	21,5	58—00	58—00
53	» » 89/78	108 »	1	17,6	17,6	31—00	31—00
54	Бур спиральный в трубы 168/155	74 »	1	7,6	7,6	21—50	21—50
55	» » » 127/115	145 »	1	13,0	13,0	45—50	45—50
56	» » » 89/78	108 »	1	6,2	6,2	26—00	26—00
57	Долота плоские в трубы 168/155	72 »	1	4,0	4,0	16—50	16—50
58	» » » 127/115	147 »	1	21,0	21,0	42—00	42—00
59	» » » 89/78	108 »	1	11,5	11,5	20—50	20—50
60		72 »	1	7,2	7,2	14—50	14—50

Продолжение

№ пп.	Наименование	Размер	Количество	Вес		Цена	Сумма
				Частный	Общий		
1	2	3	4	5	6	7	8
61	Долота 2-тавровые 168/155	147 мм	1	22,5	22,5	52—60	52—60
62	» » 127/115	108 »	2	12,5	25,0	28—50	57—00
63	» » 89/78	27 »	2	8,0	16,0	20—50	41—00
	Ловильный инструмент						
64	Метчик ловильный	42 мм	1	2,8	2,8	7—60	7—60
65	Колокол »	42 »	1	3,5	3,5	13—00	13—00
	Стоимость комплекта	—	—	—	4 204	—	4 407—43

Примечание I. Для бурения на глубину более 75 м и до 100 м необходимо добавить соответствующее количество штанг. и обсадных труб.

Примечание II. Для выполнения откачек необходимо иметь:

				Цены ориентировочн.
1) Фильтры длиной 1, 2 и 3 м	60/50 мм	6	42,0	20—00
2) » » » »	89/78 »	6	72,0	35—00
3) » » » »	127/115 мм	6	108,0	50—00
4) Ключ тавровый для опускания фильтра	60/50 мм	1	1,5	8—00
5) » » » »	89/78 »	1	3,0	12—00
6) » » » »	127/115 мм	1	4,0	16—00
7) Сдвоенный поршень Летестю	152 мм	1	13,8	—
8) » »	115 »	1	13,5	135—00
9) » »	78 »	1	7,5	75—00
10) Тройник	168/152 мм	1	9,5	25—00
11) »	127/115 »	1	6	22—00
12) »	89/78 »	1	3	15—01

Примечание III. Для бурения с промывкой необходимы:

1) Сальник промывной	42/31 мм	1	10	10	120—00
2) Насос Иматра, Гарда, Ниагара или Челенж произв. до 2 л/сек.	38/31 »	1	80	80	160—00
3) Рукав забирный 3 м	38 »	1	3	3	10—00
4) » нагнетат. 10 м	31 »	1	8	8	4—00

Частные условия

а) Обсадные трубы должны быть прямолинейны, в нарезках своих взаимозаменяемы. Допуски по наружному диаметру для труб от 2″ до 6″: ±1 % от номинального размера.

б) Принадлежности для обсадных труб должны соответствовать размерам трубы.

в) Штанги, трубчатые должны быть прямолинейны и в резьбовых соединениях взаимозаменяемы, а в конических замках должны быть «натяги» от 3 до 6 мм.

г) Принадлежности для штанг должны соответствовать их размерам и соединяться с ними без особых усилий.

д) Рабочие наконечники (буры) должны легко свинчиваться с соответствующими штангами, легко проходить в обсадные трубы. Режущие кромки буров должны быть закалены.

Допуски для буров и других наконечников для наружного диаметра или ширина лезвия: ±0,5 мм от номинального размера.

е) Подъемные принадлежности должны выдерживать нагрузку, указанную на изделии.

Примечание. Детальное ознакомление с оборудованием можно получить в каталогах на это оборудование, выпущенных Объединением «Всебурнефтемаш».

При этом буре для скважины глубиной до 40 м можно воспользоваться описанным буровым копром с нижним (шведским) балансиром. При более же глубокой скважине потребуется сооружение уже буровой вышки высотой 15 м и лучше обшитой тесом, чтобы можно было работать в любую погоду, так как скважина будет буриться довольно продолжительное время. Для такой буровой вышки потребуется следующий материал (рис. 11б):

Бревен для ног вышки длиной 16 м, толщиной 16 см	4 шт.	—64 м
Бревен для нижних полатей длиной 4,25 м, толщиной 16 см	4 »	—17 »
Бревен для средних полатей длиной 3,5 м, толщиной 16 см	4 »	—14 »
Бревен для верхних полатей длиной 2,5 м, толщиной 16 см	4 »	—10 »
Бревен для укрепления балансира длиной 5,3 м, толщиной 16 см	2 »	—10,6 »
Бревен для рамки приямка длиной 2,8 м, толщиной 18 см	4 »	—11,4 »
Бревен для основания лебедки длиной 1,4 м, толщиной 18 см	4 »	— 5,6 »
Бревен для основания лебедки длиной 1 м, толщиной 18 см	4 »	— 4,4 »
Бревен для лежней пола длиной 5,7 м, толщиной 18 см	4 »	—22,8 »
Бревен для столбов откоса длиной 2,8 м, толщиной 13,5 см	8 »	—22,4 »
Бревен для нижней и верхней обвязки откоса, длиной 5 м, толщиной 13,5 см	2 »	—10 »
Бревен для откоса длиной 5,7 м, толщиной 13,5 см	1 »	— 5,7 »
Бревен для подкосов длиной 3,2 м, толщиной 9 см	4 »	—12,8 »
Бревен для стропил длиной 2,8 м, толщиной 9 см	10 »	—28 »
Бревен для приставных лестниц длиной 3 м, толщиной 13,5 см	7 »	—21 »
Досок для балансира длиной 6 м, толщиной 7 см	2 »	—12 »
» » настила нижних полатей длиной 4,3 м, толщиной 7 см	16 »	—63,8 »
Досок для средних поверхностей длиной 5 м, толщиной 7 см	8 »	—40 »
Досок для пола длиной 5,7 м, толщиной 7 см	22 »	—125,4 »
Теса для обшивки вышки и откоса		—913,5 »
Болт для ног вышки длиной 70 см и диаметром 40 мм		1— 5 кг
Разных поковок — болтов, осей, скоб		—40 »
Гвоздей 205 мм		— 8,2 »
» 150 »		— 8,2 »
» 100 »		— 8,2 »
» 75 »		—10,7 »

На сооружение вышки потребуется

Рабочих дней с мастером 20

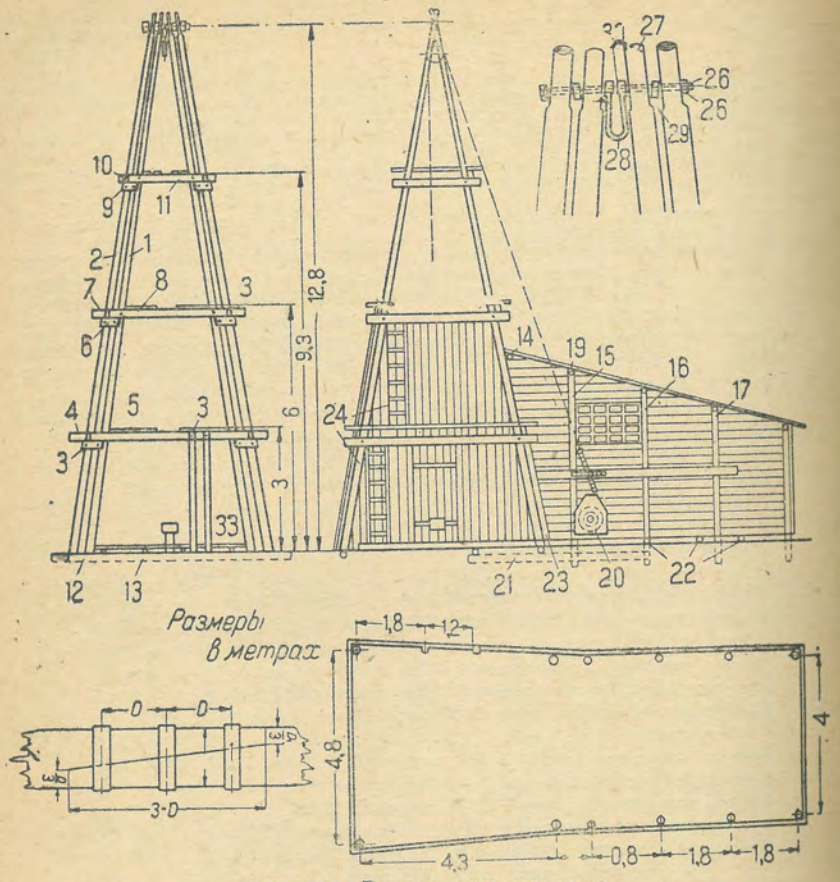


Рис. 11в. Вышка, закрытая тесом.

Основные материалы для четырехногих вышек, крытых тесом с пристройкой

№ пп.	Наименование и размеры	Количество
1	Ноги—бревна толщиной в вершине 150 мм×13,6 м	2
2	То же, 150 мм×13,7 м	2
3	Нижняя обвязка первых полатей — доски 60×200×5 200 мм	2
4	Верхняя » » » » 60×200×5 000 »	1
5	То же 60×200×3 000 »	1
6	Нижняя обвязка вторых » » 60×200×4 000 »	2
7	Верхняя » » » » 60×200×3 800 »	1
8	» » » » 60×200×3 000 »	1

Продолжение

№ пп.	Наименование и размеры	Количество
9	Нижняя обвязка третьих полатей — доски 50×200×2 300 мм	2
10	Верхняя » » » » 50×200×2 800 »	1
11	Верхняя » » » » 50×200×2 000 »	1
12	Лежень 1-й пары ног—бревна диаметром 200×6 000 »	1
13	» 2-й » » » » 200×5 100 »	1
14	Опорный брус крыши сарая » 150×4 500 »	1
15	Стойки сарая—бревна 150×5 500 »	2
16	То же 150×4 800 »	2
17	» 150×4 300 »	2
18	» 150×3 800 »	2
19	Стропила крыши сарая—бревна диаметром 150×4 500 »	4
20	Лежни под лебедку—бревна диаметром 150×7 000 »	4
21	То же 150×4 000 »	2
22	Балки половые—бревна диаметром 160×4 000 »	4
23	Стойки для балансира—брусья 100×200×3 700 »	2
24	Лестницы стремянки высотою 3 500 мм	2
24а	Тесовая обшивка (крыша сарая — 32 м²; стены сарая 65 м²; три стороны вышки до вторых полатей—78 м²)	175 м²
24б	Полы (в сарае—24 м², в вышке—16 м²)	40 м²
25	Шкворень головной 45×900 мм	1
26	Гайки 1—1/2//	1
27	Скобы для вершин—железо 100×6 мм	4
28	Серьга для блока 1	1
29	Кольца шкворня 100×45×60 мм	2
30	Кольцо среднее 100×45×40 »	1
31	Болты для обвязок 3/4'' ×285 мм	24
32	» » крепления стоек балансира 3/4''×200 мм	4
33	Скобы прямые для стропил и ног 1/2''×300 мм	18
34	Болты якорные для лебедки 3/4''×650 мм	4
35	Пробой замковый	1
36	Петли дверные	2

§ 30. Производство работ по ручному бурению

Ручной способ обычно применяют, если нужно бурить скважину глубиной не более 100 м и диаметром до 150 мм. В целях получения больших удобств при работе и сокращения потери во времени на подъем и опускание бурового инструмента устанавливают буровую вышку с балансиром, блоком и лебедкой.

1. Ход бурения

Обычно сначала под вышкой роют шахту глубиной 1,5—3 м квадратного сечения со стороной 1,5—3 м. Шахту закрепляют и делают в ней пол. Спустив с блока вышки отвес, намечают центр устья скважины и бурят земляным буром или забурной ложкой скважину. После этого приготовляют для спуска обсадную колонну, навинтив для этого на нижний конец обсадной трубы фрезер или башмак, а на верхний—предохранительный патрубок. Далее на трубу надевают подъемный хомут (элеватор), поднимают ее на канате лебедки и опускают в скважину. Устанавливают трубу строго вертикально, проверяя по отвесу в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Чтобы предупредить наклон трубы, ее закрепляют в прорезе пола вышки и в шахте и надевают на нее деревянный хомут, который поддерживает ее на полу вышки или на полу шахты, если оттуда ведут обсадку. Кроме того на высоте 1 м от пола шахты надевают два деревянных хомута, на которые пристраивают ящик с грузом из камней или мешков с песком.

После закрепления обсадной трубы, дающей направление буровой скважине, приступают к бурению последней. Для этого прежде всего свинчивают необходимый буровой инструмент из наконечника, ударной штанги и буровой штанги такой длины, чтобы бур можно было поднять в вышке на канате лебедки. Затем подхватывают его под верхнюю муфту фарштулем, спускаемым на крюке подъемного каната, поднимают и осторожно опускают в скважину. Если опускаемая часть бура по длине короче глубины скважины, то ее подвешивают в скважине на фарштуле, который после этого снимают с крюка подъемного каната. Далее свинчивают крепко несколько звеньев штанги, поднимают их посредством второго фарштуля и, осторожно опуская, ставят нижний их конец нарезкой и муфтой, ранее спущенной в скважину части бура. Штанговыми клещами или штанговыми ключами крепко свинчивают упомянутые части. После этого, несколько подняв бур лебедкой, снимают фарштуль с патрубка и спускают бур на забой. Лучше при этом пользоваться ленточным тормозом лебедки.

Когда бур стал на забой, с него снимают фарштуль и подтягивают края подъемного каната вверх вышки. Балансир ставят в горизонтальное положение, спускают с головы его канат или цепь с шарнирной пробкой и последнюю крепко ввертывают в муфту бура. Затем, подтягивая канат балансира, последний наклоняют с таким расчетом, чтобы голова его по вертикали спустилась на 0,15—0,20 м, т. е. чтобы его размах и подъем бурового инструмента достигали при сухом бурении 0,30—0,40 м, а при бурении с промывкой — 0,20—0,30 м.

Опускание бура в скважину и подъем его из нее необходимо производить в строгом порядке и с сугубой осторожностью, чтобы случайно не уронить в скважину какую-либо часть инструмента, ибо это может повести к сложным, потому длительным и дорогим ловильным работам, а в некоторых случаях даже к порче буримой скважины.

Подъем бурового инструмента производят в порядке, обратном опусканию. Остановив балансир вверху, опускают крюк подъемного каната, надевают на него фарштуль и подцепляют бур под верхнюю муфту. Затем подъемный канат несколько натягивают и отвинчивают шарнирную пробку, разъединяя бур от балансира, после чего отводят в сторону или назад голову балансира.

Действуя лебедкой, осторожно поднимают инструмент с таким расчетом, чтобы рабочий, стоя на среднем или верхнем поясе вышки, имел возможность отцепить фарштуль от бура.

Когда соединительная муфта (или штанговый замок) появится на поверхности, под нее подкладывают фарштуль или подъемный крюк и спускают на него бур. Затем, накладывая на муфту клещи, а на верхнее, ввинченное в муфту звено штанги (возможно ближе к муфте) — клещи другие, развинчивают соединение. Отвинченную часть штанги отводят в сторону и ставят в угол вышки на деревянную подкладку в плоскую коробку с маслом и отцепляют фарштуль от бура. Для дальнейшего поднятия бура спускают подъемный канат лебедки, снимают с него фарштуль, подцепляют подъемным крюком подложенный под муфту бура фарштуль и поднимают бур так же, как и в предыдущем случае.

После этого подкладывают под муфту бура второй фарштуль, спускают на него бур, развинчивают, отводят, ставят в угол вышки, отцепляют от фарштуля отвинченную часть штанги. Затем спускают подъемный канат, снимают с его крюка фарштуль и подцепляют крюком фарштуль, на котором подвешена оставшаяся в скважине часть бурового инструмента, чтобы продолжать подъем последнего.

2. Бурение в глинах и твердых породах

В этом случае в качестве наконечников применяют различные д о л о т а. Разбив ими породу, скважину чистят желонкой, навинчивая ее на ту же штангу или лучше опуская ее на канате с барабана особой желоночной лебедки, или со второго (желоночного) барабана сложной лебедки.

В глине можно бурить и буровым стаканом, преимущество которого перед долотами в том, что он сам забирает породу, заменяя в данном случае желонку. Перед желонкой его преимущество в том, что он быстрее идет, но не так крепко забивает свой башмак, как желонка, а потому его легче очищать, и наконец он не требует большого расхода воды на подливание, без чего желонка в глине работает очень слабо. Для очистки скважины желонкой требуется 10—20 ударов в забой. Число ударов долота до очистки желонкой зависит от твердости породы. После каждых 20 ударов делают перерыв около 10 сек. Число ударов в минуту — от 10 до 25, в зависимости от высоты подъема долота и числа рабочих.

Чем тверже порода, тем на меньший угол поворачивают долото после удара, иначе получаются пропуски, способные искривить скважину. Если бурят буровым стаканом или желонкой, то при разведочном бурении во избежание прокалывания тонких пластов пород, а не бурения их, бур чаще вынимают для очистки наконечника.

3. Бурение с обсадными трубами

В осыпающихся и оплывающих породах бурение возможно только с закреплением стенок скважины обсадными трубами. Для этого в обычных условиях ослабляют нижний хомут, опирающийся на дно шахты или пол вышки, а другим хомутом вращают трубы слева направо (по часовой стрелке), нагружая хомут людьми или камнем или мешками с песком. При сравнительно мягких каменистых породах расширение возможно выполнять фрезерованием породы башмаком обсадных труб, которое производится вращением их с нагрузкой. При более твердых породах возможно расширять скважину эксцентрическим долотом. При очень твердых и средней твердости породах целесообразно работать расширителем с долотом. В этом случае работают так же, как и с одним долотом.

Если встречается валун слабой породы, его разбивают пирамидальным долотом и куски вынимают желонкой. Если же валун твердый и достаточно большой, чтобы не поддаваться перемещению при ударах долота, тогда его стараются отбить в сторону пирамидальным долотом. Обсадку туго идущих труб можно ускорить забиванием их ударной штангой или применением анкера, который состоит из двух толстых (38 мм) длинных болтов, имеющих в середине шарнир, вверху — гайку, а внизу проходящих между двумя горизонтальными брусьями, укрепленными своими концами в стенах шахты. Головки болтов укреплены в подбалочках этих шахтных брусьев, а нарезанные их концы проходят вверху сквозь бруски, которые опираются на хомут обсадных труб. Чтобы опустить трубы, одновременно навинчивают гайки болтов; под их влиянием хомут опускается и задавливает трубы. При диаметре труб больше 150 мм применяют простые или гидравлические домкраты и давильный винт. Если трубы толстостенные, можно забивать их бабкой по ввинченному в них наголовнику (универсальной муфте).

При полной остановке колонны труб приходится далее переходить на меньший диаметр.

Если остановка колонны произошла в водоносной, каменной—трещиноватой или плывучей породе, тогда производят подбашмачный **тампонаж**. В простейшем случае этот тампонаж можно выполнить следующим образом:

остановившиеся трубы поднимают примерно на 0,25 м, забрасывают в скважину жирную глину и тщательно трамбуют ее ударной штангой, вгоняя в стенки скважины. Повторяя подъем и трамбование до 10 раз, глинизируют скважину на 2,—2,5 м по высоте, а затем опускают трубы, не доводя их до прежнего положения на длину около 1,25 м и закрепляют. После этого в скважину опускают трубы меньшего диаметра и прорезают башмаком набитую глиняную пробку.

В результате между трубами получается глиняный тампон, который препятствует просачиванию воды пройденного водоносного горизонта в межтрубное пространство, а в плывуне закрывает доступ последнего в это пространство и предупреждает образование в нем песчаной пробки, которая может зажать трубы меньшего диаметра в больших, закрепленных в скважине.

При бурении в плывуне обсадные трубы сначала идут легко, а затем опускаются с трудом и даже останавливаются. Часто прекращается и углубление самой скважины, так как плывун во время перерывов в работе желонкой быстро заполняет трубы. Мощные плывуны требуют от бурового мастера большого опыта и внимательного отношения к делу.

При креплении скважин далеко не всегда удается беспрепятственно опускать каждый ряд труб на расчетную глубину в 40 м. Очень часто трубы останавливаются раньше, т. е. происходит, как говорят, застаивание или захват труб, что обусловливается разными причинами, из которых главные следующие: а) обвалы малоустойчивых пород; б) искривления скважины; в) сужения скважины; г) засасывание в плывунах и д) увеличение объема породы вследствие химических процессов, возникающих в ней. Помимо того вследствие поглощения воды сильно разбухают и глины.

Подобный же захват труб происходит также и в железистых песках.

Чтобы избежать захвата труб, а следовательно быстрого уменьшения диаметра скважины, сообразно причинам, обусловливающим захват, производят предварительные работы, их предупреждающие.

В устойчивых породах, чтобы облегчить опускание труб, диаметр скважины под башмаком труб расширяют на 26—100 мм и более расширителем.

В малоустойчивых породах — гальке, вертикально-раздельных сланцевых глинах, сильно трещиноватых породах — стараются проходить скважину возможно скорее — до образования обвалов.

В плывунах и породах, увеличивающих свой объем под влиянием воды и воздуха, трубы возможно больше «расхаживают», т. е. поднимают их на длину одной или двух труб и опять опускают и по возможности вращают, причем сначала подъем производят на небольшую высоту, а затем его увеличивают.

Когда обыкновенных подъемных приспособлений бывает недостаточно, переходят к давильному винту, домкратам и забиванию труб бабкой.

Если несмотря на принятые меры трубы остановились и нельзя с данной глубины перейти на трубы меньшего диаметра, то стараются остановившийся ряд труб вынуть и опустить снова с другим башмаком.

4. Бурение с промывкой

В местах хорошо разведанных можно для ускорения прохода скважин бурить с промывкой (рис. 12).

а) **Устройство (закрепление) скважины.** Если сухое бурение возможно в мягких и сравнительно устойчивых породах начать и некоторое время вести без закрепления обсадными трубами, то при бурении с промывкой крепление является необходимым. Поэтому прежде всего надо установить и затрамбовать в шахте и неглубокой пробуренной земляным буром скважине обсадную трубу. Кроме того, при этом бурении в целях экономии воды необходимо около вышки выкопать 2—3 отстойных ямы, вставить в них деревянные кадки или выложить стенки ям жирной глиной (для чего их придется копать с полуторными откосами).

б) **Насосы и расход воды.** Для накачивания промывной воды при ручном способе бурения ставят ручные насосы; их выбирают по производительности в зависимости от расхода воды, потребной для промывки.

Расход воды определяется по начальному диаметру обсадных труб и скорости движения воды, необходимой для выноса крупных и тяжелых частиц породы из самых широких обсадных труб данной скважины. Эта скорость должна превышать скорость $V_{кр}$ падения частиц породы в воде, которую для части пород с зернами более 1,5 мм и до 3 мм можно определить по формуле **Риттингера**

$$V_{кр} = K\sqrt{d(\delta - 1)}, \qquad (1)$$

где $V_{кр}$ — скорость в метрах в секунду; d — диаметр частиц породы в метрах; δ — удельный вес породы; K — коэфициент, который зависит от формы зерен породы. Для округлых зерен $K=2{,}79$, для продолговатых — 2,37 и плоских — 1,93. Для зерен от 3 до 0,2 мм **Кристенсен** дал для $V_{кр}$ формулу:

$$V_{кр} = a\sqrt{a} - b, \qquad (2)$$

где для кварца $a=133{,}6$, $b=36$,
» PbS $a=322$, $b=57$,
» FeS_2 $a=250$, $b=49$.

Частицы мельче 0,2 мм падают по закону Стокса.

При расчете скорости движения промывающей воды вверх по трубам часто руководствуются данными Кателино, по которым необходима скорость:

для мелкого песка	0,1 м/сек
» крупного диаметром 2 мм	0,2 »
» более крупного песка	0,5 »
» кварцевого песка диаметром 5 мм	1 »
» небольших зерен руды	2 »

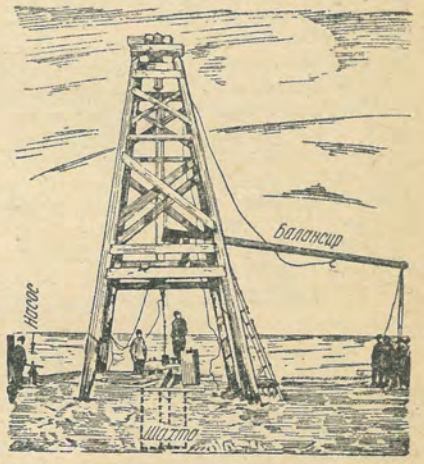


Рис. 12. Бурение с промывкой.

При проходе через легко обваливающиеся рыхлые породы удобнее промывать скважины не чистой водой, а глиняным раствором.

в) **Ход бурения.** Промывная вода из скважины стекает через тройник и отвод в первую яму, в которой осаждаются более крупные части, затем она переливается во вторую яму, где отстаиваются более мелкие частицы, и наконец в третью яму, откуда ее накачивают насосом снова в штангу бура; для этого на последнюю вместо шарнирной пробки надевают сальник. Бурение с промывкой ведут всегда долотом, которое если не долбит породу, то во всяком случае ее рыхлит.

В песке возможно бурение и без ударов. В этом случае иногда наконечник берут трубчатый и бурение ведут струей воды — чисто гидравлическое.

Если по работе долота заметно накопление крупных частиц и кусков породы, а насос взят малой производительности, то полезно приостановить удары и даже только поворачивать бур. Иногда приходится прекращать временно бурение с промывкой и выбирать набитую породу желонкой.

Если встречаются малоустойчивые породы, то стараются закреплять скважину вслед за работой долота. В мягких устойчивых породах выгодно бурить без закрепления на одну — две длины трубы, а потом уже сразу закреплять.

При встрече трещиноватых водоносных пород, если вода их почему-либо не нужна, производят крепление скважины и предварительно расширяют ее.

В незначительного сечения скважинах плывуны с большим напором проходят при интенсивной промывке через штанги без долота при одновременной обсадке труб. Ненапорные плывуны возможно проходить желонкой при обсадке труб.

При бурении с промывкой желательно включить в напорный провод еще резервный насос, который в любой момент мог бы заменить испортившийся основной насос. Помимо того он полезен для временного усиления промывки и помогает основному насосу. Необходимость иметь резервный насос вызывается тем обстоятельством, что при внезапном перерыве промывки осевшая из промывной воды порода может захватить наконечник бура, тем более если она имеет крупнозернистые частицы.

При бурении с промывкой, особенно разведочном, необходимо тщательно следить за промывной мутью и при изменении ее брать образцы пород желонкой, а не из отстойника, так как по осадку отстойника очень трудно судить о проходимой породе.

При ручном бурении с промывкой проходка скважины по сравнению с сухим штанговым бурением увеличивается вдвое, однако затрачивается в то же время лишняя рабочая сила на приведение в действие насоса.

5. Пробные откачки

а) **Откачка поршнем Летестю.** В скважинах от 80 до 150 мм и более очень часто пробную откачку производят при помощи спущенных в насосные трубы клапана и поршня Летестю, не опуская особого насосного цилиндра. Если приходится откачивать воду из трещиноватых пород или гальки, то клапан вставляют в предпоследнюю муфту особой насосной колонны труб и спускают в скважину, а затем на штанге спускают в колонну поршень Летестю. Поднимая и опуская поршень балансиром, производят откачку. Главные преимущества поршня Летестю — простота устройства и способность качать воду с песком, от которого обыкновенный поршень быстро истирается.

Если вместе с водой выкачивают песок, особенно мелкий, то чтобы предупредить его проникание внутрь обсадных труб, сначала опускают в трубы и закрепляют там фильтр *A*. На верхнюю часть фильтра, ниже его длинной муфты (*c*), надето толстое резиновое кольцо *B*, которое поддерживается снизу другим кольцом, наваренным на конец трубы. Длинная муфта фильтра имеет два Г-образных выреза, благодаря которым его можно подвесить на особом Т-образном ключе и спустить в скважину на забой.

Спустив фильтр на забой, ключом несколько навинчивают муфту, отчего резиновое кольцо сплющивается и закрывает просвет между фильтром и обсадной трубой. После этого обсадные трубы поднимают на высоту фильтра, снова вращают ключом муфту фильтра, отчего резиновое кольцо еще плотнее закрывает просвет. Затем, несколько опустив штангу, повертывают ключ влево, освобождают его из муфты фильтра и поднимают. Когда фильтр закреплен, на насосных трубах спускают клапан и поршень Летестю и балансиром производят откачку.

б) **Откачка обыкновенным насосом.** Откачку можно производить обыкновенным насосным цилиндром с шарообразными или створчатыми клапанами. Его также опускают в скважину на трубах. В случае, если вода насыщена песком, лучше применять цилиндр с кожаными створчатыми клапанами, а не шарообразными, быстро истирающимися от песка, однако вследствие попадания под клапан песчинок насос часто плохо присасывает и быстро изнашивается, почему в этих случаях лучше применять насос Летестю.

в) **Цель откачки.** Если бурят скважину на воду, то главная цель пробной откачки определить дебит источника, т. е. количество воды, которое он может дать. Однако часто откачивают воду не только с целью определения дебита (производительности) скважины, но и для получения уже чистой воды и предохранения скважины от засорения в будущем.

Практикой установлено, что в песках для получения чистой воды требуется усиленная откачка от 2 до 5 дней, в мергелях и известковых трещиноватых породах — от 2 до 3 дней, а в меловых — от 16 до 20 дней.

Когда скважина пробурена под буровой колодец с большим расходом воды, тогда откачку производят на разные расходы и находят зависимость притока воды от понижения ее уровня в скважине (хотя бы в виде графика расхода) и этим руководствуются при определении надежности колодца на требуемый расход воды. Замер уровня производится кольцевым деревянным или полым жестяным поплавком, а при поршневом насосе можно принять за уровень воды конец всасывающей трубы, при условии наличности во время качания хрипения (храпка).

6. Ловильные инструменты и работы

При бурении часто в скважину попадают различные предметы или же останется та или другая часть бурового инструмента или обсадной колонны.

Если предмет не ценен, мал или не особенно тверд, его оставляют в скважине и изрубают долотом. Если упавший предмет ценен или велик или тверд, то его стараются «выловить» при помощи особых приборов.

Чтобы поймать оставшийся в скважине буровой инструмент с трубчатой штангой и муфтой наверху, удобнее всего применить ловильный конический винт — метчик или ловильный колокол.

Для облегчения попадания острия м е т ч и к а в муфту штанги его снабжают иногда направляющим колпаком (юбкой).

Для поимки вертикально стоящего долота с нарезкой, ударной и буровой штанги без муфты или обломанной вверху, применяют л о в и л ь н ы й к о н и ч е с к и й к о л о к о л.

Для поимки длинных частей инструмента и мелких применяют л о в и л ь н ы е н о ж н и ц ы, и л и ш л и п с. Попавший в коническое кольцо внутри шлипса предмет ущемляется плашками. Эти плашки при движении прибора вниз разойдутся так, что упавший предмет окажется между ними; при движении его же вверх они захватят упавший предмет, войдя в конус кольца. Чем сильнее будут тянуть штангу вверх, тем крепче плашки зажмут пойманный предмет.

Для ловли мелких и коротких предметов применяют л о в и л ь н ы е к л е щ и. Эти клещи обхватывают предмет рифлеными челюстями; они сжи-

маются хомутиком, который передвигается винтом, поворачиваемым буровой штангой при опоре клещей на забой скважины.

Оборвавшиеся обсадные трубы ловят «ловильной» грушей. Ее опускают в скважину внутрь оборвавшейся колонны труб и сверху насыпают крупный песок, благодаря которому груша закрепляется в трубе. Затем грушу поднимают на поверхность вместе с трубой.

Если оставшаяся в скважине часть обсадной колонны не забита породой, а потому ее возможно захватить под башмак, применяют подбашмачную труболовку; она состоит из основного массивного короткого цилиндра, имеющего в верхнем конце нарезку для соединения с буровой штангой, а в нижней части снабженного двумя вращающимися в вертикальной плоскости кулачками. Извлечь оборвавшийся канат можно или ловильным штопором, одиночным или двойным, или удочкой.

Для определения положения в скважине упавшего предмета применяют так называемые печати: плоскую, коническую. Поверхность обыкновенной деревянной печати заливают каким-либо пластическим веществом, например канифолью с салом.

7. Искривление скважин *

Если буровой инструмент плохо поворачивается в скважине и с трудом извлекается на поверхность, это является признаком искривления скважины.

а) **Определение величины искривления.** Величина отклонения может быть определена клинометром. Простейший клинометр представляет собой стеклянный цилиндр длиной 250 мм, с наружным диаметром 15—20 мм, в котором на две трети его высоты налита фтористо-водородная (плавиковая) кислота. Цилиндр заключен в медный патрон, навинчиваемый на штангу. Его опускают до места измерения отклонения и держат там час-полтора. Кислота за это время разъедает стекло, отмечая тем в трубе уровень своего стояния. Если в замеряемом месте скважина вертикальна, то в клинометре получится круг, а если скважина искривлена — эллипс, причем направление большой оси эллипса дает направление искривления, а отношение величины малой оси к большой даст косинус угла отклонения.

Направление же отклонения можно определить при условии подъема прибора без поворота штанги его (способ Кируна), или в немагнитных породах магнитной стрелкой. С этой целью берут более длинный цилиндр, наливают в него на одну треть плавиковую кислоту и затыкают пробкой, загоняя ее внутрь до половины цилиндра. Затем наливают во вторую половину расплавленный желатин и помещают сверху поплавок с магнитной стрелкой.

Далее опускают прибор на штанге в скважину и держат там час-полтора. За это время кислота вытравит эллипс на стекле, а желатин застынет, закрепив тем магнитную стрелку. Угол между направлением магнитной стрелки и большой осью эллипса цилиндра даст азимут направления искривления.

Грубо же величину искривления можно определить, опуская в скважину прямые колонны разного диаметра труб; в том месте, где эти трубы останавливаются, скважина искривлена. Каждые три точки касания трубы стенок скважины дают возможность начертить части искривления.

б) **Исправление искривления.** Небольшие отклонения скважины от вертикали, а именно не более 75 мм на 60 м выхода колонны из-под башмака предыдущего ряда, исправляются спуском последующих колонн.

* Это относится и к мелкому, и к глубокому бурению.

При искривлении же, большем указанного, выправить скважину можно только вырубанием обсадных труб полукруглым боковым, круглым или крестообразным долотом, для чего скважину сначала затрамбовывают цементно-песчаным раствором или крупной галькой до уровня, с которого трубы нужно вырубить, спускают следующую колонну труб и приступают к рубке искривленной колонны.

ГЛАВА XII

МАШИННОЕ БУРЕНИЕ

§ 31. Машинное ударное бурение канатное

1. Общая характеристика станков для бурения

При массовых бурениях при разведках на полезные ископаемые и при бурении глубоких бурок для взрывных работ при постройке гидротехнических сооружений в настоящее время в СССР получило большое распространение канатное ударное бурение передвижными станками Кийстон (Keystone), Стар (Star), Сандерсон (Sanderson), Армстронг (Armstrong) и Геолснаба и Бурводтреста УА-75 и УА-125.

Этими станками проходятся обычно скважины диаметром 152—203 мм, состав оборудования для такого бурения приведен в спецификации № 3, стр. 546.

Технические условия на приемку станка УА-75 на 1935 год

Станок изготовляется в соответствии с чертежами, выпущенными Геолснабом и из материалов, указанных в чертежах. Материалы, идущие на изготовление, не должны иметь пороков в виде трещин, плен, раковин и т. п.

Поверхности металлических частей станка в предупреждение ржавления, а деревянные в предупреждение атмосферных влияний, окрашиваются масляной краской, причем у металлических частей точеные поверхности смазываются густой смазкой.

Станок должен соответствовать установленной для него грузоподъемности в 1 000 кг, при скорости подъема инструмента 0,75 м/сек.

Все валы должны быть поставлены без перекосов и свободно вращаться в своих опорах, причем при 250 оборотах в минуту приводного вала и при нормальной нагрузке не должно наблюдаться нагревания подшипников свыше 30—40° С.

Шестерни должны иметь нормальное сцепление, т. е. по диаметрам начальных окружностей.

Деревянные части станка не должны иметь больших трещин и расслоений и должны быть изготовлены из сухого выдержанного дерева.

Краткая характеристика станка и габаритные размеры:

Длина	3,50 м	Число оборотов приводного вала	250
Ширина	1,70 »	Максимальная высота подъема инструмента при ударе	0,5 м
Высота (с опущенной мачтой)	2,00 »	Скорость на инструм. канате	0,75 м/сек.
Высота мачты	8,60 »	Скорость на желоночн. канате	1,75 »
Потребная мощность	12 HP	Грузоподъемность мачты	4 000 кг
Ориентировочный вес станка	2350 кг	Вес рабочего инстр.	650 »
Глубина бурения при конечном диаметре 4″	75 м		

Трест «Геолснаб»
з-д «Буровая техника»

СПЕЦИФИКАЦИЯ № 3

оборудования к комплекту для ударно-канатного бурения к станкам УА-75

№ п.п.	Наименование изделий	Размер	Количество изд. на 1 компл.	Примечание
1	Буровой станок	УА-75	1	
	Принадлежности к станку			
	а) Тросс стальной	18—20 мм	120 м.	Щигровский мех. завод.
	б) » »	12	120 »	
	в) » » для растяжки мачты	10	60 »	
	г) Домкраты бутылочн.	10 т.	2 шт	Новочеркасск. з-д
	Трубы			
2	Трубы обсадные	219/205	20 »	Днепропетр. база
3	» »	168/155	50 »	
4	» »	127/115	75 »	
	Итого	—	—	
	Двигатель 12 л. с. на тележке нефтяной		1	
	Инструмент			
5	Коуши для троса	20	2	Зав. «Буров. техника»
6	» »	12	2	
7	Зажимы для троса	20	4	
8	» » »	12	4	
9	Рычаг с цепями	—	1	
10	Долото для твердых пород	108	2	
11	» » »	150	2	
12	» » »	198	2	
13	Долото для мягк. пород	150	1	
14	» » » крестовое	108	1	
15	» » » »	150	1	
16	Замок для троса	85	2	
17	» » »	115	2	
18	Переходники с уд. на уд.	135×116	1	
19	Крюк вертл.	1,5 тн.	1	
20	Желонка с пл. клапан.	95	1	
21	Башмаки запасные	95	1	
22	Желонка с пл. клапан.	127	1	
23	Башмаки запасные	127	1	
24	Желонка с пл. клапан.	168	1	
25	Башмак запасной	168	1	
26	Желонка с полусф. клап.	127	1	
27	» » » »	168	1	
28	Ключи для уд. штанг.	85	2	
29	» » »	115	2	
30	» » »	135	2	
31	Башмаки гладкие	127/115	2	
32	» »	168/155	2	
33	» »	219/205	2	
34	Бабки ударные	85	1	
35	» »	115	1	
36	» »	135	1	
37	Хомуты железные	127/115	2	
38	» »	168/165	2	
39	» »	219/205	2	
40	Штанги ударные 1,75 м	85	1	
41	» »	135	1	
42	» » 3,5 »	85	1	
43	» »	115	1	
44	» »	136	1	
45	Яссы рабочие	85	2	
46	» »	115	2	
47	Переводн. с уд. на уд.	160/135	1	
48	Блок одноролико вый	3,5	1	
	Итого инструм.	—	—	
	Специальное оборудование к 8″ канатн. комплекту			
49	Ерш. ловильн. одинарн.	127/168	1	
50	» двухрогий	127/168	1	
51	Вилка ловильн. с собачкой	168/127	1	
52	Шлипс для лов. инстр.	127	1	
53	» » » »	219/168	1	
54	» » » »	127	1	
55	Штанга отбивная	—	1	
56	Канаторезка для ст. кан.	—	1	
57	Ножницы для канаторез.	—	1	
58	Расширитель	168/127	1	
59	Резцы для расширителя	168	4	
60	» » »	127	4	
61	Долото 2-тавровое	145	1	
62	» »	108	1	
63	Головки забивные	127	1	
64	» »	168	1	
65	» »	219	1	
	Итого специальн. инструм.	—	—	
	Всего комплектов	—	—	

Геолснаб — Покупатель

Стоимость станка около 15 000 р. и инструмента около 15 000 р.

СПЕЦИФИКАЦИЯ № 4

бурового оборудования для разведочного канатного станкового бурения скважин диаметром 219/205—89/78 мм и глубиной до 125 м

№ пп.	Наименование оборудования	Размер	Количество	Вес (в кг)	Примечание
	Буровые станки и части к ним				
1	Буровой передвижной станок для канатного бурения	125	1	4 500	
	У.А. 125	№ 3			
	или:				
	Кийстон	№ 17			
	Стар	№ 32А			
	Сандерсон	№ 14			
2	Запасные части к станкам				
3	Винт уравнительный с зажимами для троссов (канатов)	38 мм	1		
	Принадлежности для подъема инструмента и труб		1		
4	Крюки грузоподъемностью 3 т		1		
5	Крюки грузоподъемные для присоединения к канатному замку	1,5 т	1		
		20 »	150		
6	Троссы стальные (канаты)	12 »	150		
7	То же	20 »	8		
8	Зажимы для троссов стальные	12 »	8		
9	То же	20 »	2		
10	Коуши железные для троссов	12 »	2		
11	То же				
12	Трубы обсадные с муфтовыми соединениями	219/205 мм	25		
		168/152 »	45		
13	То же	127/115 »	85		
14	То же	89/78 »	125		
15	То же				
16	Башмаки для обсадных труб забивные короткие	219/205 »	2		
		168/152 »	2		
17	То же	127/115 »	2		
18	То же	89/78 »	2		
19	То же				
20	Хомуты лафетные, клиновые для обс. труб со сменными клиньями	168/152 »	1		
		127/115 »			
		87/78 »			
21	Хомуты железные затяжные с рукоятками для обслуж. труб	219/205 »	2		
		168/152 »	2		
22	То же	127/115 »	2		
23	То же	89/78 »	2		
24	То же				
25	Элеваторы для обсадных труб	219/205 »	1		
26	То же	168/152 »	1		
27	То же	127/115 »	1		
28	То же	89/78 »	1		
29	Ключи цепные для свинчивания обсадных труб	168/155 »	2		
		127/115 »			
30	То же	89/78 »	2		
31	Бабки ударные (колотушки) к ударным штангам	135/I »	1		
		115/I »	1		
32	То же	85/I »	1		
33	То же	65/I »	1		
34	То же				
35	Головки забивные для обс. труб	219/205 »	1		
36	То же	168/155 »	2		
37	То же	127/115 »	2		
38	То же	89/78 »	2		
39	Штанги выбивные с головками для обсадных труб	168/155 »	1		
		127/115 »	1		
40	То же	89/78 »	1		
41	То же				

Продолжение

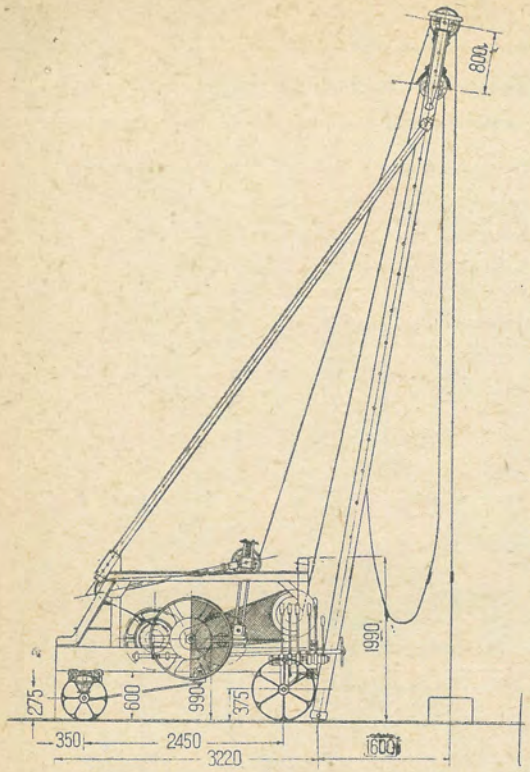
№ пп.	Наименование оборудования	Размер	Количество	Вес (в кг)	Примечание
	Буровые инструменты				
42	Долота для твердых пород	195	2		
43	То же	145	2		
44	То же	108	2		
45	То же	75	2		
46	Долота для мягких пород	195	2		
47	То же	145	2		
48	То же	108	2		
49	То же	75	2		
50	Долота крестовые	195	1		
51	То же	145	1		
52	То же	108	1		
53	То же	75	1		
54	Долота округляющие	195	1		
55	То же	145	1		
56	То же	108	1		
57	То же	75	1		
58	Штанги ударные	135×3000	1		
59	То же	115×3500	1		
60	То же	80×3500	1		
61	То же	60×3500	1		
62	Ключи инструментальные рычажн. действ. по штанг.	135	2		
63	То же	115	2		
64	То же	85	2		
65	То же	65	2		
66	Рычаги цепные для инструментальных ключей	Один разм.	1		
67	Трещотка «Боррета» для свинчивания инструмента	для всех ключей	1		
68	Ножницы рабочие (Яссы) с ходом 150 мм по штанг	115	1		
69	То же	85	1		
70	То же	65	1		
71	Замки для троссов, канатов пеньков. (райсокеты)	45	1		
72	То же для остальных под ударные штанги 85 мм	20	1		
73	То же 65 мм	20	1		
74	Переходники с ударной штанги	115×135	1		
75	То же	85×115	1		
76	То же	65×85	1		
77	Расширители для обс. труб	219—168	1		
78	То же	168—127	1		
79	То же	127—89	1		
80	Резцы запасные для расширителей под трубы	219	2 пар.		
81	То же	168	2 »		
82	То же	127	2 »		
83	То же	89	2 »		
84	Пружины запасные для расширителей под трубы	219	2 »		
85	То же	168	2 »		
86	То же	127	2 »		
87	Подушки-подкладки к резцам для расширителей	219	1		
88	То же	168	1		
89	То же	127	1		

Продолжение

№ пп.	Наименование оборудования	Размер	Количество	Вес (в кг)	Примечание
90	Желонки с плоским клапаном для работы в трубах	219	1		
91	То же	168	1		
92	То же	127	1		
93	То же	89	1		
94	Желонки с полусферическим клапаном для работы в трубах	219	1		
95	То же	168	1		
96	То же	127	1		
97	То же	89	1		
98	Желонки поршневые	219	1		
99	То же	168	1		
100	То же	127	1		
101	То же	89	1		
	Ловильные инструменты				
102	Ножницы ловильные с ходом 450 мм	115	1		
103	То же	85	1		
104	То же	65	1		
105	Штанги ударные ловильные	115×2000	1		
106	То же	35×2000	1		
107	То же	65×2000	1		
108	Штанги отбивные для продвижения инструмента в трубах	127—127	1		
109	Ножи для резки стальных троссов	20—25	1		
110	» » » пеньковых троссов	45—63	1		
111	Ножницы к ножам легкие со штангой для резки каната		1		
112	Ерши ловильные однорогие в трубы	168—127	1		
113	То же	89	1		
114	Ерши ловильные двурогие (вилкообразные в трубы)	325—219	1		
115	То же	168—127	1		
116	Вилки ловильные с собачкой для желонок в трубы	168—127	1		
117	То же	89	1		
118	Шлипсы ловильные за резьбу инструмента с набором плашек в трубах	168—127	1		
119	Шлипсы ловильные за резьбу инструмента с набором плашек в трубах	89	1		
120	Шлипсы для ловли за канатный замок в трубах	168—127	1		
121	То же	89	1		
122	Колокола ловильные гладкие для ударных штанг	135	1		
123	То же	115	1		
124	То же	85	1		
125	То же	65	1		
	Силовые и осветительные установки				Как двигатель может быть приспособлен и трактор
126	Двигатель	15 л. с.	1		
127	Электроосветительный агрегат, состоящий из динамо и распределит. щита 0,5 кв.	0,5 кв.	1		

Продолжение

№ пп.	Наименование оборудования	Размер	Количество	Вес (в кг)	Примечание
	Ремонтное оборудование				
128	Вспомогательные и ремонтно-монтажные инструменты для штангового ударного и канатного бурений				
129	Клуппы механические с набором плашек и метчиков от 1′ до 1/2″	—	1		
	Тиски стуловые 30 кг	—	1		
130	Станки ножовочные ручные	300	1		
131	Полотна ножовочные	300	30		
132	Станки сверлильные ручные	—	1		
133	Сверла спиральные	10	3		
134	То же	13	3		
135	То же	17	3		
136	То же	20	3		
137	Лампы паяльные 0,5 л.	—	1		
138	Ключи гаечные Бакс № 4	—	1		
139	» » » № 5	—	1		
140	Напильники драчевые и личные трехгранные	300	3		
141	То же	400	3		
142	Напильники плоские и личные трехгранные	300	3		
143	То же	400	3		
144	Напильники круглые личные трехгранные	300	2		
145	То же	400	2		
146	Напильники полукруглые личные трехгранные	300	2		
147	То же	400	2		
148	Зубила слесарные	—	3		
149	Крейцмейсели	—	3		
150	Молотки слесарные 500	—	2		
151	Плоскогубцы	—	1		
152	Щетки для чистки резьб	—	1		
153	Метры складные	—	1		
154	Рулетки 10 м	—	1		
155	Горны переносные	—	1		
156	Наковальни 35—50 кг.	—	1		
157	Кувалды 4 кг.	—	2		
158	Клещи кузнечные	—	3		
159	Гладилки	—	3		
160	Нижники	—	3		
161	Зубила	—	4		
162	Топоры плотничные	—	2		
163	Пилы поперечные	—	1		
164	Ножовки по дереву	—	1		
165	Бурава » »	15	1		
166	» » »	20	1		
167	» » »	28	1		
168	Ломы железные	32×1500	2		
169	Шнур для измерения уровня воды в скважине	2	130		
170	Подвески для шнура 300 г		1		
171	Ящики для пород	—	2		
172	Газовый прижим	204	1		
173	Клуппы Дуплекс до 63 мм	63	1		
174	» газовые	38	1		



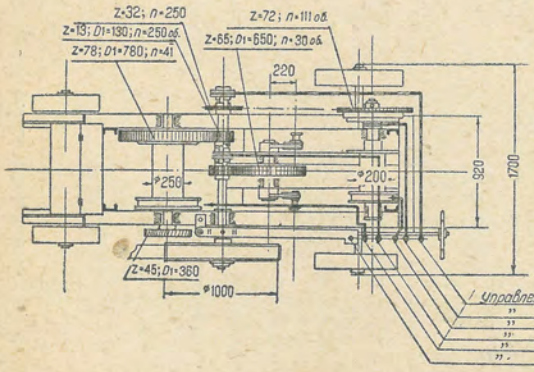


Рис. 13. Буровой станок 75 для ударно-канатного бурения на глубину 75 м.

Станок 75 передвижной на деревянной тележке с деревянной А-образной мачтой с подкосами, балансирный. Все рычаги управления расположены с левой стороны станка над задним колесом (рис. 13).

Станок УА-125 представляет несколько измененный станок Стар (рис. 14); бурит скважины глубиной 125—150 м при нач. диам. 12″—10″. Он передвижной, с деревянной рамой, с мачтой, опирающейся на раму, и с двумя балансирами — деревянным боковым двуплечим канадского типа (*21*) и металлическим одноплечим типа Стар (*21*) с оттяжным роликом (*27*). Рычаги управления расположены сзади станка под мачтой.

Длина станка 4 750 мм
Ширина » 2 000 »
Вес » около 4,5 т.
Мощность двигателя около 15 л. с.
Число оборотов главного вала 200 в мин.
Число ударов 50 в мин.
Подъем инструментов 640—260 мм
Подъемный барабан на 1 250 кг.
Скорость подъема инструмента 0,45—0,60 м/сек.
Желоночный барабан на 360 кг, при скорости подъема желонки 1,7 м/сек.

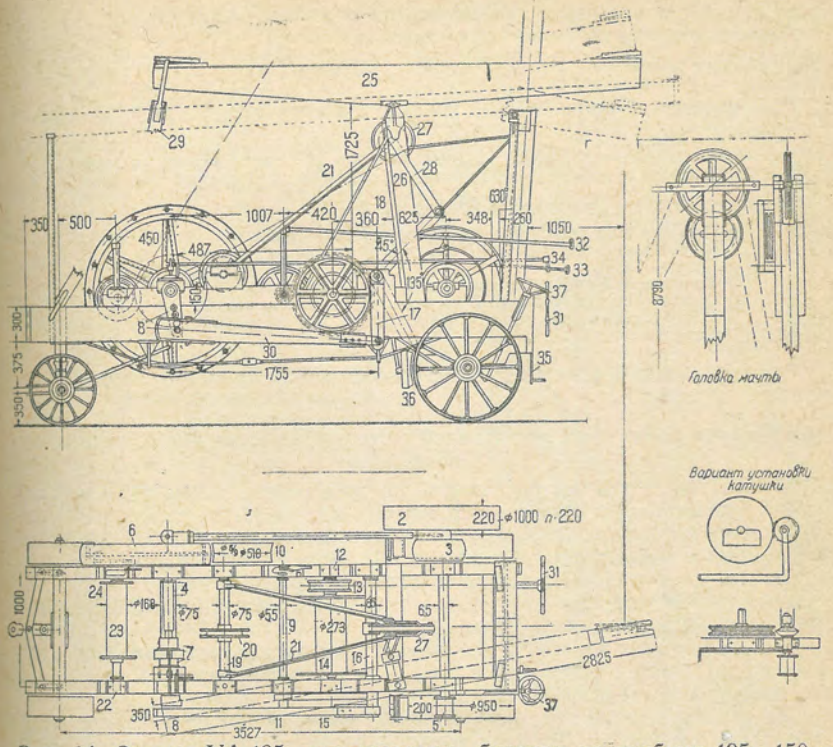


Рис. 14. Станок УА-125 для канатного бурения на глубину 125—150 м при нач. диам. 12″—10″.

Характеристика бура для канатного разведочного бурения, данная ВОМТ для проекта бурового станка

I. При глубине скважины 100 м:

Начальный диаметр труб—8″ при длине колонны 40 м, весе 1 п. м. 40,5 кг и весе всей колонны	1 620 кг
Конечный диаметр труб—6″ при длине колонны 80 м, весе 1 п. м. 29 кг и весе всей колонны	2 320 кг

II. При глубине скважины 150 м:

Начальный диаметр 10″ при длине 40 м, весе 1 п. м. 64 кг и весе всей колонны	2 400 кг
Промежуточный диаметр 8″ при длине 90 м, весе 1 п. м. 40,5 кг и весе всей колонны	3 645 кг
Конечный диаметр 6″ при длине 125 м, весе 1 п. м. 29 кг и весе всей колонны	3 625 »
Вес каната $^3/_4$″ 1 п. м. весит 3,32 кг	12.34 »
Вес 10″ долота 280 кг, вес уд. шт. 350, ножн.	160 »
» 8″ » 170 » » » » 225 »	100 »
» 6″ » 90 » » » » 200 »	60 »
» $4^1/_2$″ » 65 » » » » 150 »	40 »
Максимальный вес бура при глубине скважины 100 м	550 »
» » » » » » 150 м	1000 »

Принимая во внимание сопротивление и динам. условия (около 70%), получим полезную нагрузку на канат:

для скважины	100 м	около	1 000 кг
» »	150 »	»	1 700 »

При свободном прохождении труб подъемная сила барабана лебедки следующая:

1) При весе колонны 2,5 т, 3 толевых канатах (2 ролика вверху и 1 внизу)
2) При весе колонны 4 т, 4 толевых канатах (2 ролика вверху и 2 внизу) 2 т.

Нагрузка на желоночный барабан:

1) При глубине скважины 100 м, весе 1 п. м. каната . .	0,5 кг,
6″ трехметровой желонки 110 кг, грунта 75 кг, с запасом 100%	470 кг
2) То же при глубине скважины 150 м	520 »
3) При глубине скважины 100 м, весе 1 п. м. каната 0,5 кг, 8″ трехметровой желонки 350 кг, грунта 150 кг и 100% запаса	700 кг

Этим условиям бурения и должны удовлетворять буровые станки для канатного бурения.

2. Бурение канатное с раздвижной штангой (ножницами) и машиной «Кийстон»

а) **Канатное бурение с раздвижной штангой.** Пенсильванский канатный способ бурения заключается в том, что бурение ведут на толстом манильском канате и с раздвижной штангой, так называемыми ножницами, которые ударом своих звеньев помогают выбивать вязнущее в породе долото инструмента, что уменьшает число случаев разрыва бурового каната.

Бурение канатное бывает ручное и машинное, в зависимости от величины скважины и условий работы.

Наконечником бура служат долота, лезвия которых изготовляют из лучшей тигельной стали, а лопатки и остальную часть — из более мягкой стали.

Долото соединяется с ударной штангой, имеющей конический винт, муфту и квадратные шейки. Ударная штанга при мелком бурении свинчивается с канатным замком, а при глубоком бурении — с ножницами.

Буровой канат должен быть из лучшей белой манильской пеньки (водоросли алое) с диаметром от 19 до 65 мм и весом от 10 до 70 кг в 30 пог. м и такой упругости, чтобы долото автоматически поворачивалось при данном весе и сечении ударяющих частей. Ведут бурение и на стальном канате.

Закрепляя канатный замок, нужно следить, чтобы волоски в закрепляемом конце были направлены от замка (т. е. чтобы он был гладким наощупь, если провести по нему рукой от замка). При таком расположении волосков канат более предохраняется от изнашивания при трении его о стенки скважины.

Для чистки скважины служат простые и поршневые желонки.

Желонка изготовляется из трубы, диаметр которой на 25—38 мм меньше диаметра скважины, а длина — 2—4 м. Воду черпают из скважины тартальной желонкой, напоминающей по внешнему виду простую, но она длиннее и сделана из более легкого и оцинкованного железа.

Расширение скважины ведут расширителем системы «Mack».

б) **Устройство машины «Кийстон»** (Keystone). Машина «Кийстон» (рис. 15) представляет собой ударный паровой буровой станок, помещенный на деревянную четырехколесную платформу (*A*) с буровой копровой рамой, укрепленной на ней деревянными стойками, раскосами и железными связями.

Деревянная копровая рама *B* имеет вверху подъемный блок *P* и

желоночный блок *t*. Рама поворачивается до горизонтального положения на шарнирах вверху стоек *a* и подпирается подкосками *C*. Перестановкой болтов в соответствующие отверстия в конце подвеса наклон копровой рамы можно несколько изменять согласно условиям установки машины.

Лебедочный механизм с барабанами — подъемным (*d*) и желоночными (*D″*) приводится в движение передачей фрикционной для глубины до 100 м или зубчатой — для глубины свыше 100 м от приводного вала *K″*, вращаемого приводным ремнем реверсивной, т. е. имеющей и обратный ход, вертикальной паровой машины с цилиндрами внизу.

Машину питает вертикальный водотрубный котел (*F*), установленный над задней осью платформы. Рабочее давление котла — около 5 атмосфер, а пробное — 9 атмосфер. Отапливают котел углем или дровами, а при постановке форсунки — нефтью.

От того же приводного вала вращается посредством передачи и долбежный вал *P′*, качающий балансирную раму *M* с шатунами *K*, из которых правый надет на палец кривошипа, а левый — на палец зубчатки.

Балансирная рама *M* имеет головную поперечину, к которой подвешивают на крюке уравнительный винт бура. Рама качается на болтах, укрепленных в стойках ($a_1 n$) платформы. Между головками шатунов и осью качания при глубоком бурении она подперта спиральными пружинами с сопротивлением от 0,5 до 1 т, помогающими кривошипам поднимать инструмент с забоя. Размах балансирной рамы можно менять, переставляя пальцы кривошипа и зубчатки в соответствующие отверстия.

Для вращения долбежного вала долбежную шестерню вводят в сцепление с шестерней приводного вала (*K″*), передвигая подшипник шестерни рукояткой (φ).

Рукоятки ϕ и *o*, а также маховичок *m*, регулирующий впуск пара в машину (при помощи шнура), и ручка от кулисы паровой машины, сообщающая последней передний или задний ход, помещены в удобном месте, впереди копровой рамы.

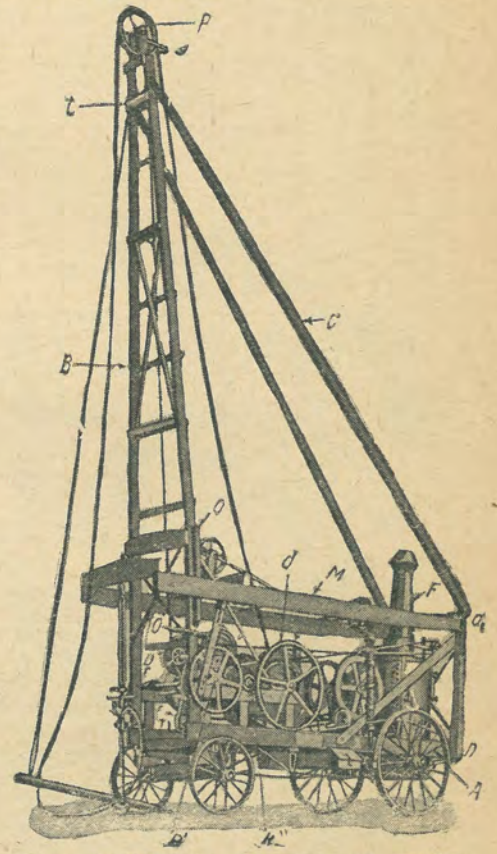


Рис. 15. Машина «Кийстон» на глубоком бурении.

К платформе между осями подвешен ящик с инструментами, а над ним установлен паровой вентиля-

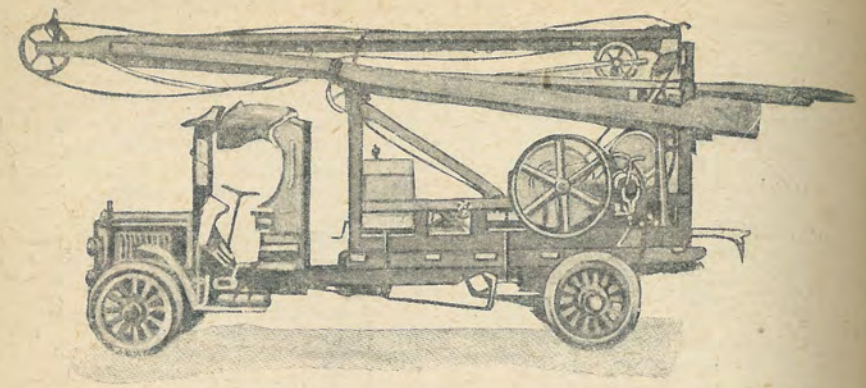


Рис. 16. Разведочная машина «Кийстон» на автомобильном ходу.

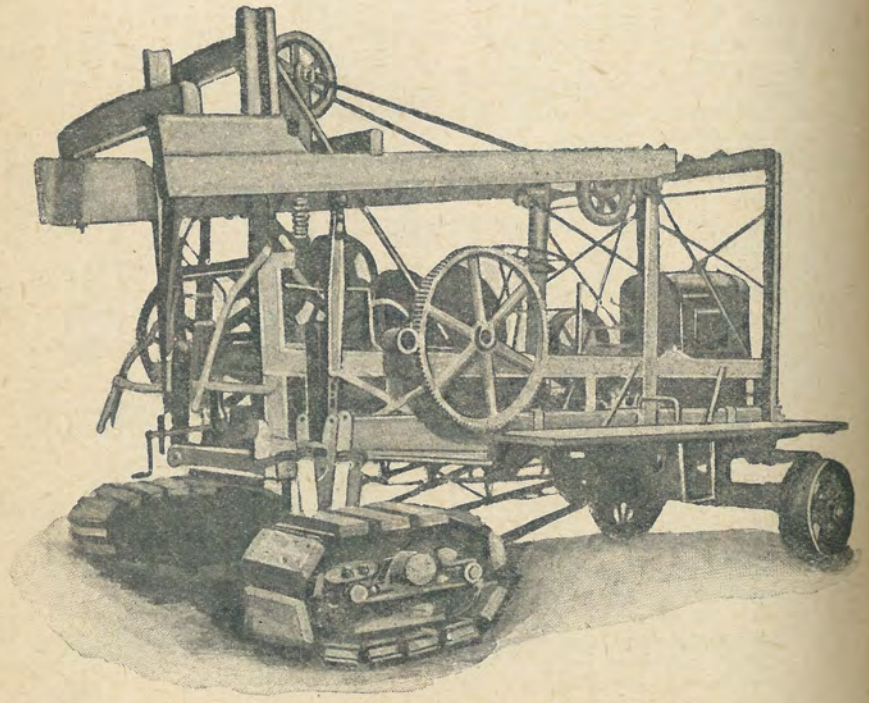


Рис. 17. Машина «Кийстон» на гусеничном ходу.

тор для кузнечного горна, приводимый в движение небольшой паровой турбиной. На этой же платформе помещен резервуар емкостью на 0,2 м³ воды и имеется место для небольшого количества топлива.

При разведочном бурении очень удобно пользоваться буровыми станками «Кийстон» автомобильного типа (рис. 16). Двигатель здесь расположен над передней осью, как и у обыкновенного автомобиля, а буровой станок помещен на грузовой площадке автомобиля, причем копер находится на заднем конце площадки.

Преимущества этой машины — удобство, быстрота передвижения с одного места работ на другое.

На рисунке 17 изображена машина «Кийстон» на гусеничном ходу, а на рисунке 18—машина без двигателя. При бурении она приводится в движение трактором, который ее и перевозит.

в) **Бурение машиной «Кийстон».** Чтобы начать скважину, снимают поперечный головной брус балансирной рамы, подвешивают бур на канате, перекинутом через подъемный блок копра. Канат, спускаясь вниз, огибает сначала снизу долбежный ролик на балансирной раме, насаженный во избежание трения каната строго в середине пролета между продольными брусьями рамы. Затем канат огибает уже сверху задний ролик рамы. Последний свободно ходит вдоль по оси и направляет канат на подъемный барабан.

Ножницы в начале бурения не применяют до тех пор, пока скважина не достигла глубины, несколько большей общей длины свинченных инструментов. Если породы небольшой твердости, то бурить без ножниц можно на глубину 50 м и больше, и во всяком случае до тех пор, пока не будут вбиты обсадные трубы. В ветреную погоду копер машины следует укрепить оттяжками, чтобы его не опрокинуло.

Для долбления сцепляют долбежную шестерню с приводным валом и пускают в ход двигатель, чтобы долото едва касалось земли и делало 40—50 ударов в минуту. После каждого удара буровой мастер повертывает инструмент.

Углубив скважину на метр, вновь пройденное расстояние очищают желонкой.

Когда скважина суха, на каждые 0,3 м ее глубины приходится подливать до 25 л воды для разжижения породы.

Когда инструмент поднят на поверхность, двигатель останавливают, барабан тормозят, а поднятый инструмент отводят в сторону особым крючком или петлей, прикрепленной к мачте.

По мере углубления скважины части бура, сначала свинченные от руки, туго закрепляют цепью с ключами или трещоткой Баррета, чтобы бур не развинтился от ударов и части его не упали в скважину.

По углублении на 10 м и более, в зависимости от характера пород, в буровой инструмент вводят ножницы. Только при застревании долота допускается сдвигание ножниц, освобождающее застрявшее долото. Когда скважина пройдена на глубину 60—100 м (а при твердых породах и менее), переходят к бурению с уравнительным винтом и буферными пружинами.

Уравнительный винт подвешивается к головной перекладине балансирной рамы так, чтобы при нижнем положении копровой рамы долото не касалось забоя скважины. Канат во избежание его порчи и скольжения обматывают веревкой или полосками грубого холста.

По мере углубления скважины уравнительный винт понемногу спускают, соблюдая при этом следующие расстояния острия долота от забоя.

В нижнем положении головы балансирной рамы при глубине скважины в 15 м острие долота не должно доходить до забоя скважины на 50—75 мм, при глубине в 30 м — 100—125 мм, в 60 м — 150—300 мм и т. д.

Так, например, при глубине скважины в 15 м и ходе головной перекладины балансира в 600 мм ход долота будет около 750 мм, так как около 75 мм прибавляется на растяжение каната и около 75 мм—на подбрасывание долота.

Когда долото ударится о забой, канат остается натянутым и будет вибрировать. Буровой мастер, держась за канат рукой, судит по вибрации, следует ли опустить уравнительный винт или, напротив, необходимо поднять. По этой же вибрации он узнает, действуют ли ножницы, которые должны сдвигаться и раздвигаться только в тех случаях, если долото застревает.

В обычных условиях машина должна работать с такой скоростью, чтобы долото, ударившись о забой, моментально поднималось, а не застревало и не останавливалось.

Машина «Кийстон» нормально работает при числе ударов около 60 в минуту. Вновь же заправленное долото дает скважину большего диаметра и при неумелом обращении с буром сначала сильно застревает. Чтобы предупредить это явление, делают долотом несколько ударов, не поворачивая его, а потом уже осторожно поворачивают каждый раз через 25—30 ударов.



Рис. 18. Машина «Кийстон» с трактором на мелком бурении.

Ввиду того что в этом способе бурения обсадные трубы забиваются в скважину, почему их и делают толстостенными, в верхнюю муфту ввинчивается особое боевое кольцо.

Если трубы забиваются той же машиной, на ударную штангу бура укрепляют стальную колотушку.

Для выбивания труб из скважины служит выбивная шляпка. При подъеме штанги утолщенная часть ее ударяет в выбивную шляпку, и труба поднимается.

Для крепления скважины при бурении машиной «Кийстон» первую обсадную трубу с башмаком ставят вертикально (лучше в шахту, где и укрепляют поперечными брусьями внизу и вверху). В устойчивых породах каждому последующему опусканию труб предшествует бурение на некоторую глубину так, чтобы долото не выходило далеко за башмак. Но там, где требуется большая точность определения глубины залегания пород или проходят породы обваливающиеся, опускание труб предшествует бурению.

Если труба идет туго, то шляпку покрывают слоем рогожи или мешечной ткани. Забив трубку на 1—1,25 м, снимают колотушку и продолжают бурение, раздробляя породу долотом. Для разжижения буровой муки подливают в скважину воды, чистку же проводят желонкой с копьем или желонкой американской — поршневой.

При сильном захвате колонны породой на трубы навертывают особую пробку, через которую в трубы накачивают воду, смачивающую песок или глину, застрявшие между трубой и стенками скважины.

г) **Производственные показатели.** Машиной «Кийстон» в среднем расходуется 16 кг угля и 0,5 м³ воды в час, и для обслуживания ее достаточно одного мастера и одного подручного.

По данным фирмы «Кийстон» эта машина бурит 150-мм скважину за 8-часовой рабочий день на глубину в граните и порфирите до 15 м, однако в действительности эта проходка меньше.

Один из существенных недостатков машины — это малый вылет вперед копровой рамы, что мешает вращать трубы при обсадке их.

В Витимско-Олекминском районе при средней глубине скважины около 20 м средняя производительность буровой машины «Кийстон» была 17 м в сутки, наибольшая же производительность — 21 м, причем встречалось много валунов.

При бурении колодцев на Украине в 1927 г. машина «Кийстон» давала в смену проходку в 2 м, равную проходке штанговым буром станком Вирт № 15, с промывкой при средней глубине скважины около 120 м, начальном диаметре 300 мм и конечном 100 мм.

Развивающееся стахановское движение несомненно значительно повысит приведенные цифры, которые нельзя считать предельными.

Это замечание относится и ко всем последующим данным о работе других станков.

3. Буровой станок Стар (Star)

На глубину до 100 м при начальном диаметре скважины 152 мм хорошие результаты дает станок Стар № 32.

Несамоходчый станок Стар № 32 (рис. 19) смонтирован на деревянной раме, уложенной на четырехколесном железном ходу; деревянный копер мачтового типа (с укосинами к переднему концу рамы и двумя головными блоками: ниже—желоночным и выше—подъемным) в нерабочем положении закидывающийся на подставку переднего конца рамы станка. Мачта опирается на железную поперечину заднего свободного конца рамы станка, между брусьями которой имеется валик с червячной передачей, предназначенный для навивки конца каната при подъеме мачты. За мачтой поставлен газолиновый двигатель 15 л. с., 4-цилиндровый. С левой стороны на раме станка имеется вентилятор для горна, а за ним кривошипный ударный вал, внутренний (между брусьями рамы) кривошип которого соединен коротким шатуном с осью балансирного оттяжного (ударного) ролика, находящегося на конце одноплечего в виде треугольной рамы балансира, качающегося на балансирном валу (по которому скользит направляющий ролик). За ударным валом находится подъемный барабан, шестерня которого может быть сцеплена с малой шестерней передаточного вала. Передаточный вал с помощью своего правого эксцентрического подшипника и чугунного шкива фрикционно вводится в сцепление с деревянным шкивом приводного вала, который расположен рядом, ближе к передним колесам станка.

На левом конце приводного вала имеется кривошип, соединенный с одной стороны с приводным валом, фрикционной муфтой, а с другой стороны с левым наружным кривошипом ударного вала при помощи особого наружного передаточного деревянного шатуна. Далее за главным приводным валом имеется желоночный барабан со шкивом, получающий движение от деревянного шкива приводного вала посредством вращения вкладыша пра-

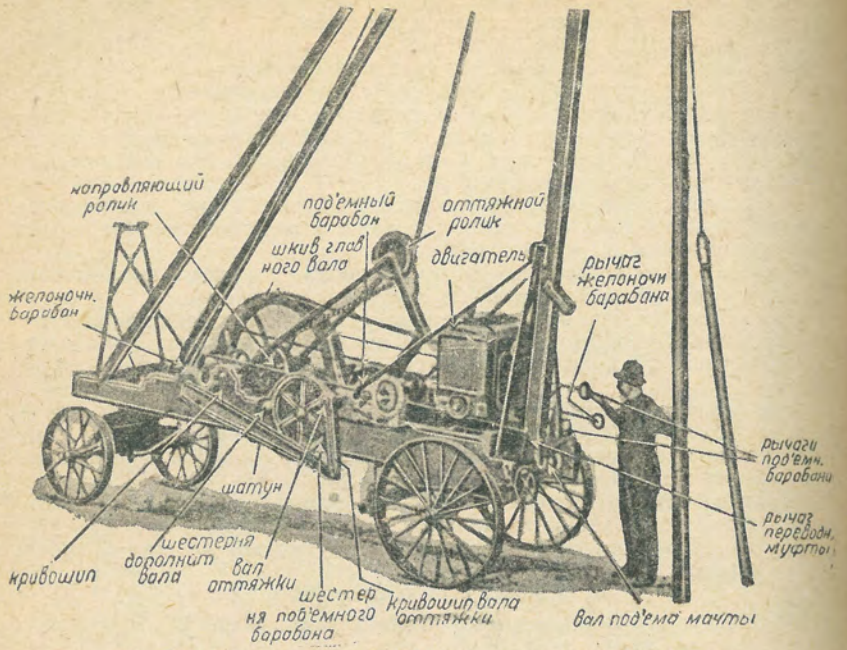


Рис. 19. Станок Стар № 32 с газолиновым двигателем.

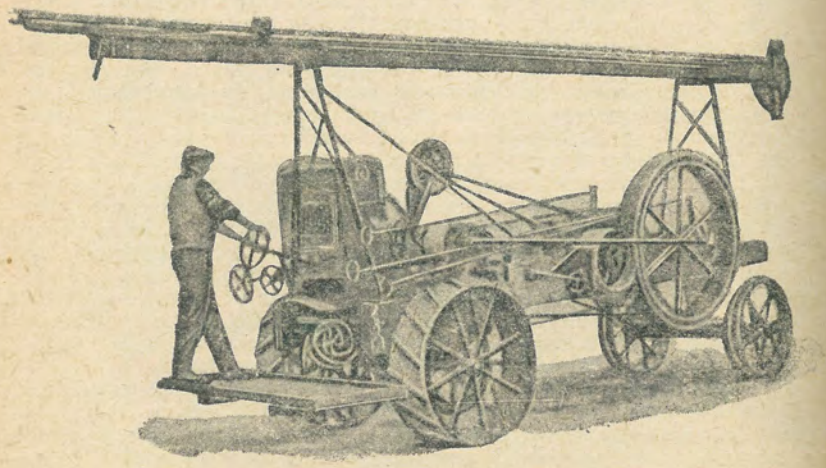


Рис. 20. Самоходный станок Стар № 32.

вого эксцентрического подшипника желоночного барабана, что ведет к внутреннему фрикционному зацеплению шкивов приводного и желоночного.

Барабаны имеют тормоза: желоночный — колодочный тормоз, а подъемный — роличный.

Управление тормозами и рычагами включения и выключения барабанов и ударного приспособления производится рычагами, расставленными сзади станка у мачты, т. е. вблизи скважины.

Вес станка 2,95 т, длина 5,2 м, ширина 2 м и высота копра 8,7 м.

Дороже и тяжелее, но лучше самоходный станок Стар № 32 (рис. 20).

При хороших дорогах удобен станок Стар № 32 — автомобильный (рис. 21), а при плохих дорогах — на гусеничном ходу, есть станки и паровые.

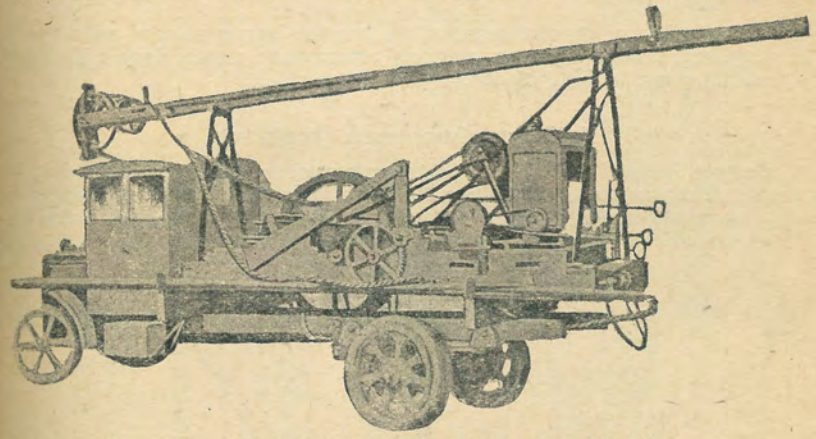


Рис. 21. Автомобильный станок Стар № 32.

Таблица некоторых станков Стар

№ станка	Глубина бурения (в м)	Начальный диаметр скважины (в мм)	Мощность двигателя (в л. с.)	Вес станка (в т)	Примечание
17	100	150	13	Ж.З.	Паровой
32	100	150	15	2,95	Газол. несамоходный
32	100	150	15	3,5	Самоходный
32-КТ	100	150	15	3,5	Несамоходный
32-А	100	150	15	Ск. 4	Автомобильный
40-А	70	150	7—12	3,5	Автомобильный
19	125	200	15	4	Паровой
19	125	200	21	5,75	Самоходный
34	125	200	15	3,5	Несамоходный
34	125	200	15	4,25	Самоходный
38	300	330	20—40	6	Несамоходный
38	300	300	20—40	7,75	Самоходный

Несколько станков типа Стар № 32 изготовлены мастерскими Днепростроя, но без самостоятельного двигателя и с балансирным приспособлением.

Этим станком можно бурить скважины до 250 мм диаметром и на глубину до 150 м.

В Подмосковном районе при бурении скважин глубиной 50—100 м средние цифры производительности в 8-часовую смену (в метрах) и стоимости 1 бурения были следующие:

Станком	Стар	№ 32	в твердых	породах	1,62	м	по 21	р. 07	к.	за 1	м
»	»	№ 32	» средних	»	2,81	»	» 12	» 11	»	» 1	»
»	»	№ 32	» мягких	»	3,28	»	» 10	» 32	»	» 1	»
Станком	Кийстон	№ 32	в твердых	породах	0,85	»	по 49	р. 95	к.	за 1	м
»	»	№ 32	» средних	»	1,42	»	» 28	» 39	»	» 1	»
»	»	№ 32	» мягких	»	1,65	»	» 24	» 37	»	» 1	»

Таким образом производительность станка Стар в данном случае вдвое больше, чем станка Кийстон, поэтому естественно станок Стар в последнее время получил в СССР большое распространение.

4. Станки Сандерсона (Sanderson)

Станки Сандерсон № 14 несколько отличаются от станков Стар. Буровой копер в станках Сандерсона (рис. 22— несамоходный станок) находится над передними колесами, а не над задними и обычно делается в виде лестницы со сходящимися вверху струнами. Желоночный барабан укорочен и поста-

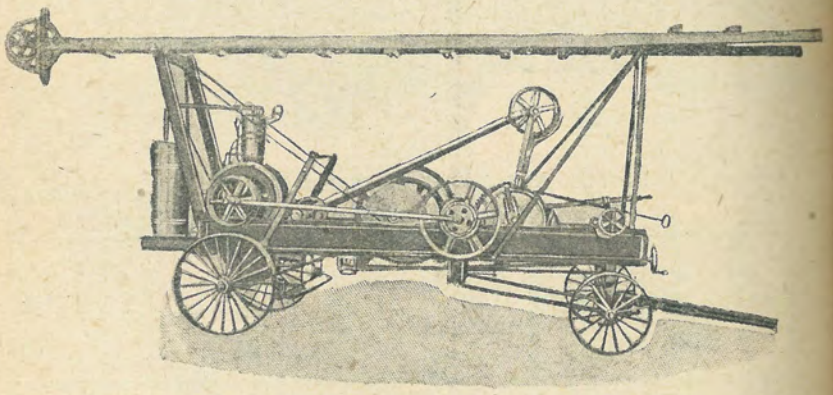


Рис. 22. Станок Сандерсон № 14 несамоходный.

влен вблизи бурового копра (рис. 22), слева от копра. Ударный вал расположен почти на продолжении оси желоночного барабана, справа от копра. Передача от приводного вала к желоночному фрикционная, а к ударному валу и подъемному барабану зубчатая, посредством сдвигания рычагом шестерни приводного вала. Включение желоночного барабана в сцепление производится поворачиванием эксцентрика подшипника барабана рычагом. Подъемный барабан посредством перемещения шестерни и червячной передачи позволяет точно стравливать канат с барабана. Тормоз желоночного барабана колодочный, а подъемного — ленточный. Газолиновый двигатель расположен над задними колесами. Передача движения на приводный вал

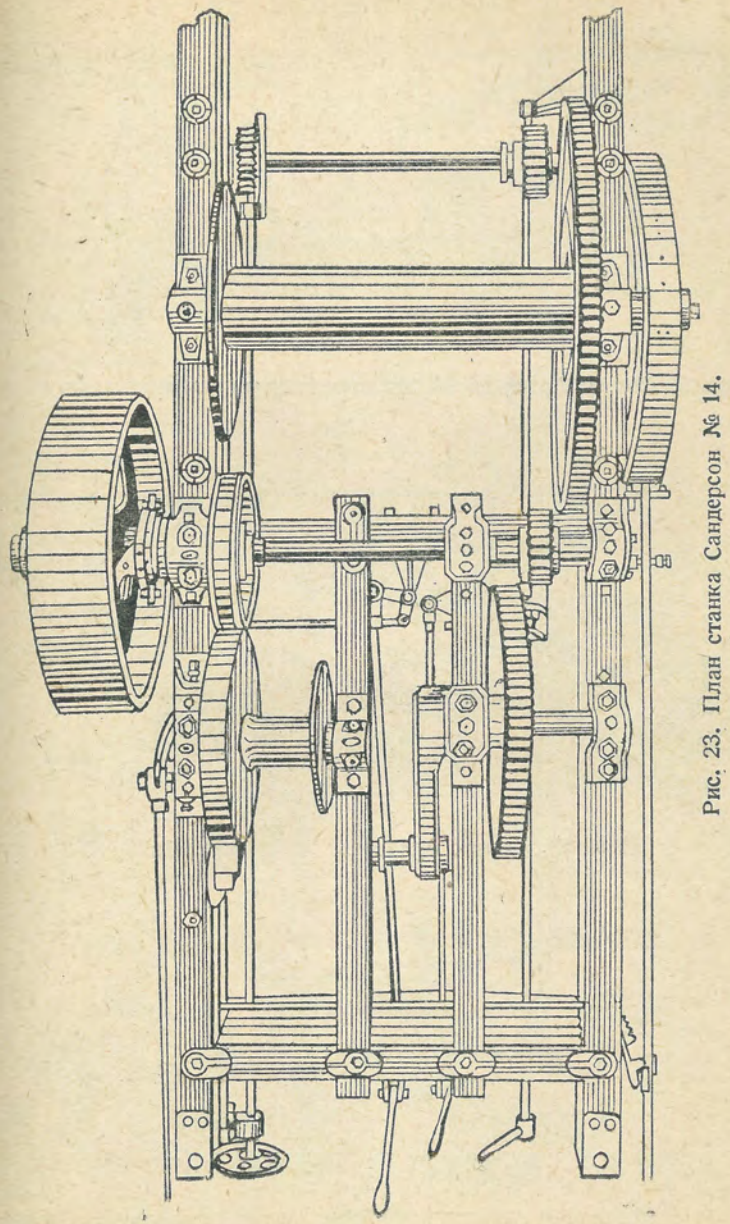


Рис. 23. План станка Сандерсон № 14.

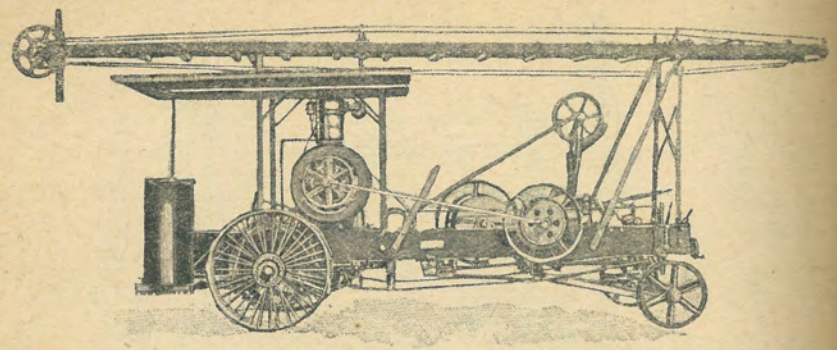


Рис. 24. Станок Сандерсон № 14 с газолиновым двигателем, самоходный.

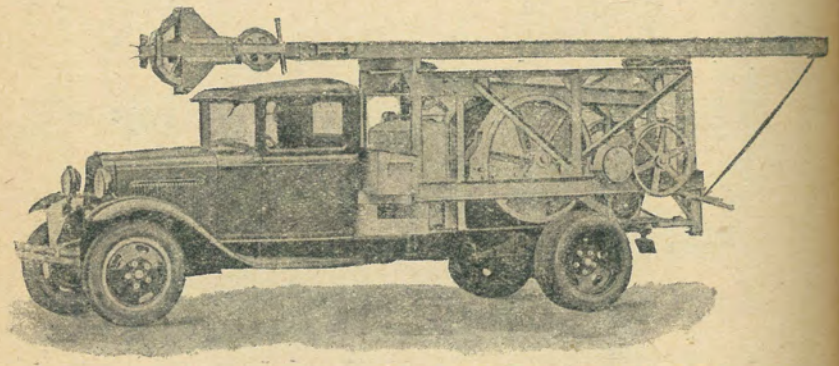


Рис. 25. Станок Армстронг № 33 автомобильный.

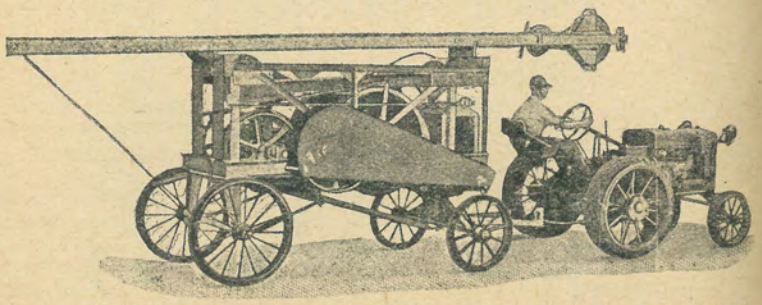


Рис. 26. Станок Армстронг № 33 во время перевозки трактором.

Таблица станков для канатного бурения

Глубина скважины (в м)	Название	Характ. передачи	№ станка	Двигатель: Род	Двигатель: Мощность (в л. с.)	Вес (в кг)	Размер станка: Ширина	Размер станка: Длина (в м)	Высота мачты	Передача	Примечание
75	Кийстон	Нетракт.	1	Паровой	На станке 6	3 174	2	5,25	8,4	Фрикц.	Нач. д. 6″
»	»	»	»	Газолиновый	» 15	3 074	2	5,25	8,4	Зубч. фр. муфт	
»	»	»	1¼	»	» 15	3 174	2	4,5	8,4	Муфт, зубч.	
»	»	»	I-T	»	Отдельно 22	3 033	2	4,5	8,4	Зубч.	
100	»	Тракт.	3	Паровой	На станке 11	5 440	2	9	8,4	Фрикц.	Нач. д. 6″
150	»			»	» 8	4 307	2	4,6	8,4	0	6—8—10″
»	»	Нетракт.	3	Электрич.	» 15	3 627	2	9	9	Зубч.	Нач. д. 8″—6″
100	Стар	»	17	Паровой	» 13	3 100	1,08	8,4	8,4		
»	»	»	32	Газолиновый	» 15	3 947	2	5,2	8,7		
»	»	Тракт.	32	»	» 15	3 753	21	5	8,7		
»	»	КТ	32	»	» 15	3 753	2	5,2	8,7		
»	Сандерсон	Нетракт.	14	Паровой	» 7	4 346	—	—	8,7		
»	»	»	»	Газолиновый	» 12	3 061	2,15	4,5	8,7		
»	»	»	»	Электрич.	» 10	2 901	1,9	3,9	8,7		
»	»	Тракт.	»	Паровой	» 7	5 396	2,15	6,15	8,7		
»	»	»	»	Газолиновый	» 12	5 069	2,28	5,94	8,7		
»	»	»	»	Электрич.	» 10	4 797	2,1	5,94	8,7		

ременная. Приводный шкив имеет фрикционную муфту. Рукоятки всех рычагов управления — спереди станка, т. е. вблизи скважины.

На рисунке 24 изображен станок Сандерсон № 14 с газолиновым двигателем, самоходный.

Вследствие несколько большего веса бура и подъема бура над забоем, а именно, до 700—1 000 мм, станки Сандерсона обладают несколько большей производительностью, чем станки Стар и Кийстон. Так, на Днепрострое станки Сандерсона в гранитах дали проходку до 6 м в смену при глубине скважин до 40 м, но в мягких грунтах они не бурят, а протыкают породу, искажая тем разрез скважины.

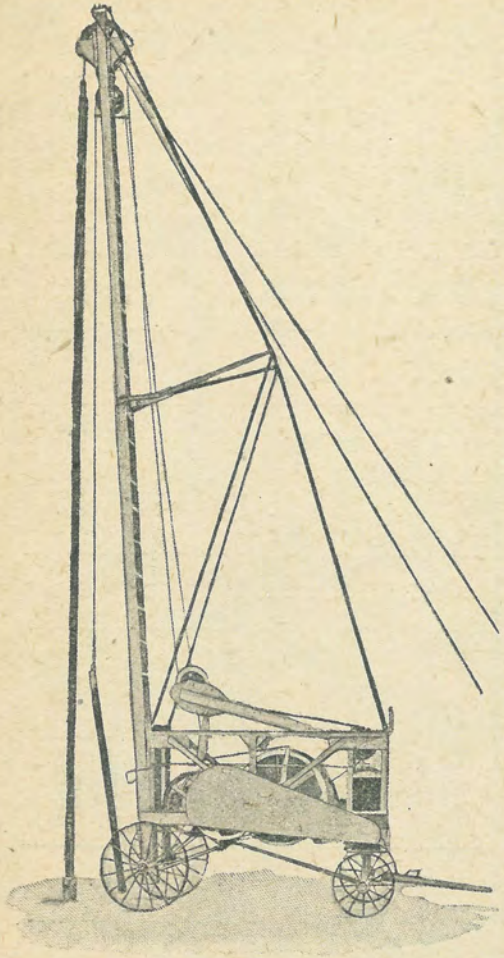


Рис. 27. Станок Армстронг № 33 в рабочем положении на бурении скважины.

5. Станки Армстронга (Armstrong)

Станки фирмы Армстронг № 33 похожи несколько на станки Стар, Сандерсона и Кийстон, передача у них на подъемный и желоночный барабаны фрикционная, а на ударный вал—рубчатая; буровой копер мачтового типа раздвижной (телескопический), дающий высоту мачты 7,2 м и 10 м, удерживается растяжками и легкой пространственной фермой.

Рама станка представляет пространственную ферму с почти параллельными поясами. Как рама, так и копер — из фасонной стали. Длина станка 3,6 м, ширина около 1,3 м.

Подъемный (головной) блок поставлен на пружинный амортизатор. Двигатель газолиновый 16 л. с.

Вес станка около 2,5 т. На рис. 25 изображен автомобильный станок Армстронг № 33, а на рис. 26, 27 несамоходный станок, перевозимый лошадьми, трактором или автомобилем, с копром 7,2 м и раздвинутым до высоты 10 м.

Производительность этого станка выше производительности станка Стар № 32, Кийстона и Сандерсона.

6. Станок фирмы Вирт (Wirht)

Станки Вирт № 16 (рис. 28) на глубину 100 м и № 15 (рис. 29) на глубину 250 м, при ударном бурении и при быстровращательном — 300 и 600 м, однотипны и приспособлены на универсальное бурение: бурение ударное штанговое, сухое и промывное, бурение канатное и бурение быстровращательное алмазное, или дробовое. Начальный диаметр скважины соответственно 200 мм для № 16 и 300 мм для № 15.

Как и станки Армстронг № 33, они с металлической рамой и копром высотой в станке № 16—7,5 м, а в № 15—11 м, устанавливающимся сзади станка, но со швеллерной опорой на землю и проволочными оттяжками к передней рамке, служащей опорой для запрокинутой лестничного типа мачты копра. Балансирное оттяжное приспособление для удара сходно с таковым же у станков Сандерсона и Армстронг. На № 16 имеется только подъемный барабан, а на № 15 и желоночный.

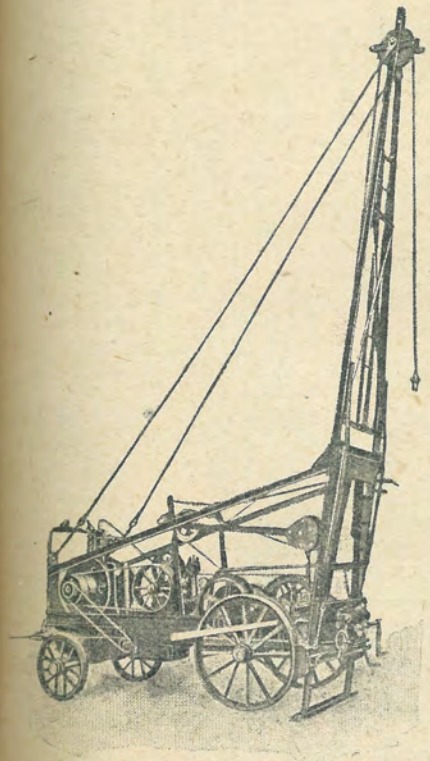


Рис. 28. Станок Вирт № 16.

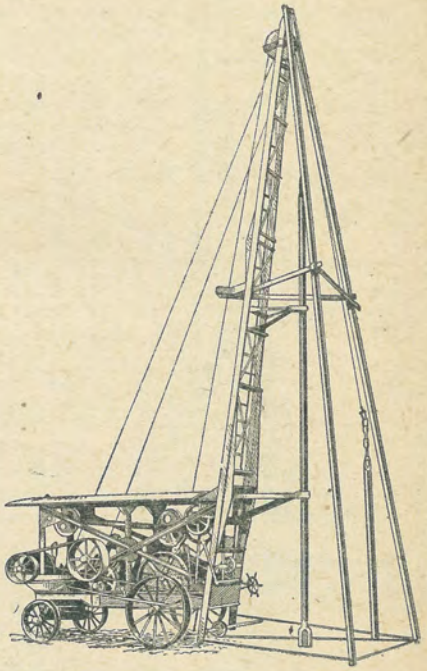


Рис. 29. Универсальный станок Вирт № 15 на ударном бурении.

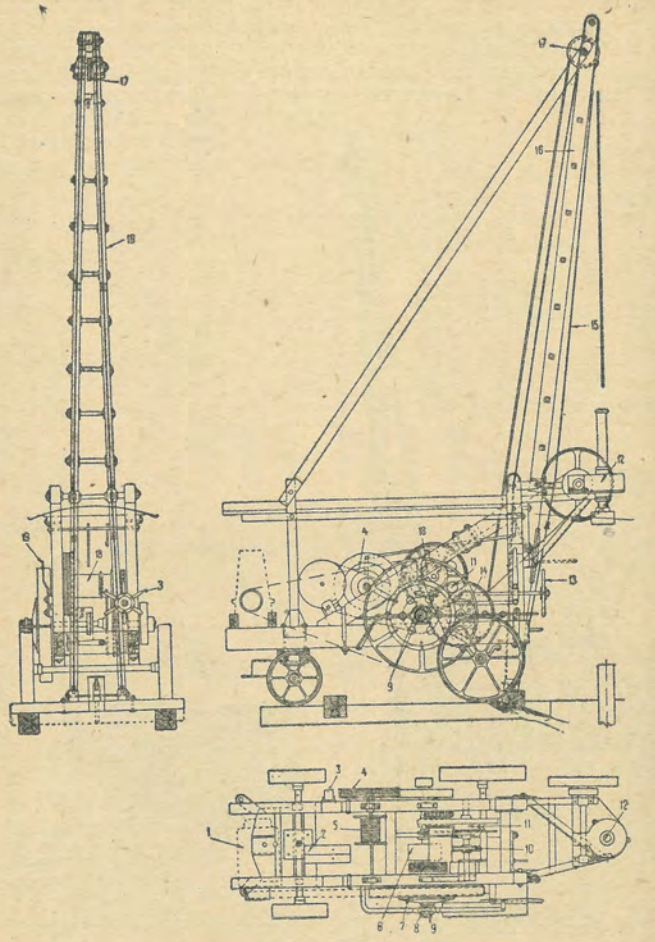


Рис. 30. Универсальный станок ВНИИГиМ 40.

1—двигатель; *2*—насос; *3*—тормозная колодка; *4*—шкив желоночного барабана; *5*—желоночный барабан; *6*—шкив передачи на насос; *7*—фрикционный шкив; *8*—нажимная муфта; *9*—главная муфта; *10*—ударный ролик; *11*—направляющий ролик; *12*—вращатель; *13*—штурвал подъемного барабана; *14*—ударный вал; *15*—трос; *16*—мачта; *17*—главный блок; *18*—подъемный барабан; *19*—рычаг управления подъемным барабаном.

На станке № 16 есть свой двигатель внутреннего сгорания, поставленный над передними колесами, а Вирт № 15 обычно приводный и своего двигателя не имеет. На обоих станках в средине устанавливается вертикальный сдвоенный приводный плунжерный насос для промывки.

Оба станка — несамоходные

Вес станка № 16 — 4 т, двигатель около 12 л. с.
» » № 15 — 5,5 т » » 25 л. с.

Станки Вирт № 15 и 16 довольно громоздки и сложны, требуют частого ремонта, хотя работают успешно, давая 60—70 ударов в минуту при промывном штанговом бурении при подъеме долота 0,1 м и более, а при канатном бурении 40—50 ударов в минуту при подъеме до 0,50 м.

При промывном ударном бурении на Украине станок в среднем дал проходку 2,15 м в смену; максимальная же проходка была по одним данным 17 м, а по другим и более. Скважины были глубиной в среднем 120 м при начальном диаметре 300—250 мм и конечном — 100 мм.

Число оборотов при быстровращательном бурении — до 150 и производительность несколько ниже, чем станка Крелиус.

Спецификация оборудования и инструмента для бурения скважины быстро ударным способом станком Вирт № 15 до глубины 300 м дана на стр. 570.

Конструкция скважины зависит от характера проходимых пород, но, как общее правило, можно сказать, что при бурении с глинистым раствором при надлежащем его применении конструкция скважины, проходимой быстроударным способом, не будет отличаться от таковой, проходимой роторным способом. Поэтому можно принимать следующую конструкцию: направление 12″—10 м, промежуточная колонна или кондуктор 10″—8″—60 м и конечная 8″—6″—250 м (см. стр. 570. спец. № 5).

7. Станки ВНИИГиМ Р-40.

На рисунке 30 изображен станок Всесоюзного научно-исследовательского ин-та гидротехники и мелиорации, рассчитанный на бурение разведочных скважин на глубину 40 м и диам. 127/115—89/78 мм, станок № 30— в основе вращательный, с верхним вращателем Крелиуса и с роличной оттяжкой для ударного бурения.

Станок имеет свой двигатель. Число ударов 50—60 в минуту при высоте подъема долота 20 и 40 см. При медленно вращательном бурении ложкой число оборотов бура 15—18 в минуту, а при быстровращательном 135—150 в минуту. Станок проходит испытания.

§ 32. Алмазное бурение

Когда приходится бурить скважину в твердых породах и желательно иметь ненарушенные образцы пород в виде колонок, тогда целесообразно применить быстровращательное бурение с малым давлением на забой, а именно бурение алмазами, их суррогатами или дробью.

1. Алмазы

а) **Естественные алмазы.** Для алмазного бурения наиболее пригодны черные алмазы — карбонаты, которые чаще всего имеют черный цвет, но бывают зеленоватые, коричневые, темнокрасные. Применяются алмазы целые и колотые.

СПЕЦИФИКАЦИЯ № 5
оборудования и инструменты к станку Вирта № 15

№ пп.		Количество	Вес (в кг)
1	Станок Вирт № 15 с мачтой	1	5 700
2	Мотор 25 HP	1	—
3	Трансмиссия с 5 шкивами (рабочий и холостой от мотора, один к насосу, один к глиномешалке и один к динамо) с двумя кронштейнами	1	200
4	Насос производительностью 120 л/мин.	1	400
5	Глиномешалка 1×0,700	1	150
6	Динамо 1 kW	1	35
	Инструмент		27
			10
1	Вертлюг 1,5″	1	
2	Шланга 1,5″×5 м	1	2 070
3	Штанги 45×40×31 с высаженными наружу концами, с муфтами	300 *м*	18,5 22
4	То же коротких 2,25 м	2	4
5	Фарштуль	2	9
6	Ключи штанговые	2	16
7	Ключ муфтовый	1	11
8	Поворотный ключ для штанг	1	220
9	Подкладная вилка	1	120
10	Долота зубильные 12″ с промывкой	2	42
11	То же, 8″	2	240
12	» 6″	2	140
13	Долота двутавровые 12″	2	56
14	» » 8″	2	60
15	» » 6″	2	
16	» эксцентричные 6″	2	270
17	Ударная штанга 130 мм×3 м (для работы в трубах 12″, 10″ и 8″)	1	200
18	То же, 110 мм (для труб 6″)	1	35
19	Хомуты штанговые 130 мм	1	30
20	» » 110 »	1	20
21	Переходник 130 мм ×1,5″	1	15
22	» 110 » ×1,5″	1	26
23	Ключи для ударных штанг 130 мм	2	25
24	» » » 110 »	2	26
25	Рычаг цепной с цепями	1	10
26	Шаблоны для долот	1 компл.	99
27	Расширитель 150 мм для труб 8″ с двумя парами резцов	1	43 —
28	То же, 100 мм для труб 6″	1	—
29	Трубы обсадные 12″	10 *м*	—
30	» » 8″	60 »	10
31	» » 6″	250 »	6
32	Башмак 8″×0,300 м	1	48
33	» 6″×0,5 м	1	38
34	Хомуты для труб 8″	2 пары	—
35	» » » 6″	2 »	
36	Ключи для завертывания труб	1	—
37	Прием-храпок 3″	1	—
38	Шланга приемная 3″	3 *м*	
39	Манометр на 50 ам	1	
	Ловильный инструмент		
1	Метчик для ловли 1,5″ штанг	1	3
2	Колокол для ловли штанг 1,5″	1	6
3	» » » муфт	1	10

Лучшие из них имеют смоляной блеск и плотную мелкокристаллическую структуру без пор и ячеек, более высокий удельный вес и твердость.

Очень удобны алмазы округлые и многогранные. При среднекрепких породах и однородных с успехом можно применять и светлые алмазы, так как они если и скорее изнашиваются, но дешевле в 2—4 раза карбонатов, и часто большой расход алмазов бывает не столько от их износа, сколько вследствие аварий, особенно, если бурение ведут малоопытные буровые мастера. Из светлых алмазов имеют применение борты, являющиеся самыми дешевыми и чувствительными к ударам и давлению, и балласты.

Б о р т ы, обладающие цветом льда, наиболее желательны, чем желтоватые и красноватые, но, несмотря на большую твердость борта, вследствие наличия трещин и спайностей менее прочны, чем карбонаты. Б а л л а с т ы лучше и дороже бортов, имеют крупнозернистое шаровидное ядро и мелкокристаллическую, твердую оболочку. Вообще надо сказать, что если оболочка светлого алмаза повреждена, то внутренность его быстро рассыпается.

Алмазы в бурении применяются разного размера, начиная от крошек в $^1/_4$ карата и менее и до 3, а иногда и больше каратов (карат метрический = = 200 мг). Число алмазов в коронке зависит от диаметра, толщины стенок ее и крупности алмазов. В тонкостенной коронке К р е л и у с а обычно алмазы от $^3/_4$ до $1^1/_2$ карата, а в толстостенных С у л л и в а н а от 2 и более. На разведках по Чусовой (инж. Турковский «Глубокое разведочное бурение») в коронки 32 мм ставили 12 алмазов, в коронки 86—78 мм — 8 алмазов и в коронки 66—56 мм — 8 или 6 алмазов. Вес алмазов коронки 86—76 мм при 8 алмазах был 8—10 каратов. Цена одного карата алмаза весом $^3/_4$—$1^1/_4$ карата в 1934 г.: карбонаты — до 70 руб., балласты — до 60 руб. и борты — до 25 руб.

Алмазы чаще всего вставляются в коронку из мягкой вязкой стали зачеканкой их в высверленных и разделанных оправками в коронке отверстиях, в которых вкладываются пастели из тонких листочков мягкой меди. Алмаз должен выступать из торца и сбоку коронки точно на нужную величину — не более 0,3—0,5 мм, причем выступающие края алмазов должны лежать в одной плоскости, перпендикулярной к оси коронки. Края коронки между алмазами тщательно выглаживаются напильником, и делаются канавки для прохода промывной воды.

В Америке в крепких породах стали применяют мелкие алмазы (0,05—0,2 карата), впаивая их в особые сплавы. В настоящее время ЦНИГРИ разработан способ вставки таких алмазов путем впайки их в кольцо из сплава: цинк 90%, алюминий 5% и медь 5%.

Алмаз (0,05—0,2 карата) расценивается по 15—25 золотых рублей за карат.

По способу Баде алмазы сначала вставляются в стальные цилиндрики или кубики с ножкой, которые вставляются в коронку.

Суррогаты алмазов. В породах каменных ниже средней твердости и даже средней твердости (обычно не более 5 по Моосу) заменяют алмазы резцами из твердых сплавов (суррогаты алмазов). Из твердых сплавов в СССР получил распространение победит, а затем релит, который заменяет иностранные твердые сплавы — воломит, ломанит, вольфрамит в Германии, титанит в Австрии, нардюр во Франции, суламит в США и др. Титанит считается самым твердым и состоит в основном из титана, молибдена, никеля, хрома и углерода. В воломит входят: 87,4% вольфрама, 2,93% молибдена, 4,47% углерода, 2,8% железа, 0,12% кремния, 0,1% марганца. Победит состоит из: 5% углерода, 5,15% железа, 1,82% марганца, 7,8% кобальта, 80,23% вольфрама с удельным весом 15—16. Некоторые из суррогатов, например воломит, имеют твердость около 9,8 (при твердости алмаза = 10).

СПЕЦИФИКАЦИЯ № 6
оборудования для алмазного и дробного бурения

№ пп.	Наименование деталей	Размер	Единица измерения	Количество на единицу	Вес (в кг)	Изготовляют
	Механизмы					
1	Буровой станок	КА-300	шт.	1	682,0	
	Принадлежности к станку					
2	Ключи специальные	КА-300	»	5	3,0	
3	» торцевые	»	»	2	1,6	
4	Шпонковынима тель	»	»	1	2,6	
5	Болты с шайбами и чеками	»	»	4	0,92	
6	Ремень кожаный или прорезиненный	100	м	12	12,0	Геолснаб
	Запасные части к станку					
7	Колесо фрикционное малое	КА-300	»	1	3,7	З-д по заказу
8	Шестерни чугунные	22	»	2	14,36	»
9	» стальные	14	»	1	2,95	»
10	Вкладыши зажимные в патрон	КА-300	пар	2	1,25	»
11	Болты зажимные к патрону	»	шт.	3	0,75	»
12	Вал ведущий к станку	»	»	1	11,6	»
	Промывочные принадлежности					
13	Насос плунжерный прив. ИБ	20/15	»	1	240,0	Невьянский з-д
	Принадлежности к нему					
14	Ремень кожаный или прорезиненный	75 мм	м	6	5,0	Геолснаб
15	Рукава резиновые всасыв.	32 »	»	6	16,2	»
16	» нагнетательные	25 »	»	18	37,8	»
17	Чугун приемн. клапана (храпки)	32 »	шт.	1	2,22	»
	Силовые установки					
18	Двигатель	12 HP	»	1	600	Невьянский з-д
	Трубы, штанги					
19	Штанги правые	42 мм	м	225	922,6	Ижорский з-д
20	Трубы обсадные ниппельн.	97/90	»	30	243,0	»
21	Трубы обсадные б/ниппельн.	83/77	м	75	388,5	Ижорский з-д
22	» » »	73/67	»	125	643, 75	» »
23	» » »	63/57	»	170	751,4	» »
24	» башмачные	97/90	»	3,0	24,3	» »
25	» »	83/77	»	3,0	17,64	» »
26	» »	73/67	»	3,0	15,45	» »
27	» »	63/57	»	3,0	13,26	» »
	Принадлежности штанг					
28	Вертл. пробки правые	40 мм	шт.	2	13,0	Невьянский »
29	Сальники для штанг	40 »	»	2	6,5	»
30	Ключи для сальника	40 »	»	2	0,5	»
31	Штангодержатель для штанг	42 »	»	1	14,8	Ижорский »
32	Сектора к штангодержат. запасные	42 »	»	4	2,79	»
33	Клещи для штанг	42 »	»	4	18,4	Невьянский »
34	Хомутики шарнирные (жимки)	42 »	»	1	1,5	»
35	Ниппели для штанг запасные	42 »	»	20	16,0	Ижорский »
36	Метчики ловильные для штанг прав. глухой	40 »	»	2	1,88	Высокогор. »
37	Метчики ловильные промывные	40 »	»	2	1,78	»
38	Колокол ловильный прав.	40 »	»	2	3,3	»
39	Переход штанги наружн.	42×40 »	»	2	2,4	Ижорский »
40	» » внутрен.	42×40 »	»	2	2,4	» »
	Принадлежности труб					
41	Хомуты железные для нип. тр.	97/90	»	1	16,0	Невьянский »
42	» » для б/нип. тр.	83/77	»	1	15,3	» »
43	» » » » »	73/67	»	1	10,3	» »
44	» » » » »	63/57	»	1	8,6	» »
45	Фрезер д/труб для снятия заусениц	76,0	»	1	2,5	Ижорский »
46	» » » » »	66,0	»	1	1,90	» »
47	» » » » »	56,0	»	1	1,37	» »
48	Метчики ловильные пр. для тр.	99×40	»	1	8,8	» »
49	» » » » »	84×40	»	1	6,2	» »
50	» » » » »	74×40	»	1	4,0	» »
51	» » » » »	64×40	»	1	4,0	» »
52	» » » » »	54×40	»	1	2,3	» »
53	Ниппели для труб зап.	97×90	»	2	1,58	» »
	Принадлежности для подъема инструмента					
54	Блок двухроликовый	3 т	»	1	62,7	Невьянский »
55	» однороликовый	1,5 »	»	1	42,8	» »
56	Серьга подъемная	1,5 »	»	1	2,27	» »
57	Крюк одинарн. верт.	1,5 »	»	1	4,0	» »

Продолжение

№ пп.	Наименование деталей	Размер	Единица измерения	Количество на единицу	Вес (в кг)	Изготовляют
58	Тросс стальной	16 мм	м	60	54,0	Геолснаб
59	» »	12 »	»	120	63,6	»
60	Коуши для троса	16 »	шт.	1	0,1	Невьянск. з-д
61	» » »	12 »	»	2	0,13	» »
62	Зажимы для троса	16 »	»	4	2,52	» »
63	» » »	12 »	»	4	1,48	» »
64	Фарштули для штанг	42 »	»	1	6,1	» »
	Колонковые наборы					
65	Трубы колонковые одинарные	99×3	»	2	49,2	Ижорский з-д
66	» » »	99×1,5	»	1	12,3	» »
67	» » »	84×3	»	3	60,3	» »
68	» » »	84×1,5	»	1	10,1	» »
69	» » »	74×3	»	4	69,12	» »
70	» » »	74×1,5	»	1	8,64	» »
71	» » »	64×3	»	6	94,5	» »
72	» » »	84×1,5	»	1	7,88	» »
73	» » »	54×3	»	3	40,32	» »
74	» » »	54×1,5	»	1	6,72	» »
75	» шлам. прост.	84	»	2	13,4	» »
76	» » »	74	»	2	11,4	» »
77	» » »	64	»	2	10,4	» »
78	» » »	54	»	2	8,8	» »
79	Фланц д/пром. шлам. тр.	42 мм	»	1	0,2	» »
80	Ниппели д/сосл. пол. тр.	99	»	1	1,24	» »
81	» » »	84	»	1	1,9	» »
82	» » »	74	»	1	0,85	» »
83	» » »	64	»	1	0,70	» »
84	» » »	54	»	1	0,60	» »
	Переходники					
85	Переходн. с кол. тр. н/шт.	99×40	»	2	11,4	» »
86	» » »	84×40	»	2	7,6	» »
87	» » »	74×40	»	2	5,24	» »
88	» » »	64×40	»	2	3,8	» »
89	» » »	54×40	»	2	2,2	» »
90	Переходн. с обс. тр. н/шт.	97×40	»	2	6,5	» »
91	Переходн. с обс. тр. н/шт.	83×40	»	1	4,6	» »
92	» » »	73×40	»	1	3,0	» »
93	Переходн. с обс. тр. н/шт.	63×40	шт.	1	2,3	Ижорский з-д
94	Переходн. с колон. и прост. шлам. на штангу	99×40	»	2	15,5	» »
95	» » » » »	84×40	»	2	9,4	» »
96	» » » » »	74×40	»	2	7,2	» »
97	» » » » »	64×40	»	2	5,1	» »
98	Переходн. с колон. больш. шлам. на меньш.	99×84	»	1	2,5	» »
99	» » » » »	84×84	»	1	1,95	» »
100	» » » » »	74×64	»	1	1,64	» »
101	» » » » »	64×54	»	1	1,40	» »
	Буровой инструмент					
102	Коронки для алмазов и твердых сплавов тонкостенные	101	»	4	2,24	Высокогор. з-д
103	» » » » » »	86	»	4	1,96	» »
104	» » » » » »	76	»	6	2,52	» »
105	» » » » » »	66	»	8	2,88	» »
106	» » » » » »	56	»	8	2,40	» »
107	Коронки для алмазов и твердых сплавов толстостенные	101	»	1	0,8	» »
108	» » » » » »	88	»	2	1,4	» »
109	» » » » » »	76	»	2	1,2	» »
110	» » » » » »	66	»	3	1,56	» »
111	» » » » » »	56	»	3	1,11	» »
112	Колонки для коронок	101	»	1	2,2	» »
113	» » »	86	»	1	1,8	» »
114	» » »	76	»	1	1,5	» »
115	» » »	66	»	1	0,8	» »
116	» » »	56	»	1	0,6	» »
117	Клещи для алм. корон.	101	»	1	2,0	» »
118	» » » »	86	»	1	1,7	» »
119	» » » »	76	»	1	1,5	» »
120	» » » »	66	»	1	1,4	» »
121	» » » »	56	»	1	1,2	» »
122	Долотья «рыбий хвост»	100	»	1	2,85	» »
123	» » »	85	»	1	2,2	» »
124	» » »	75	»	1	1,9	» »
125	» » »	65	»	1		» »
126	» » »	56	»	1		» »
127	» крест. на штангу	65×40	»	1	1,75	» »
128	» » »	55×40	»	1	1,6	» »
	Принадлежности для дробового бурения					
129	Коронки дробовые	100 мм	»	5	55,0	Невьянский »
130	» »	85 »	»	10	59,0	Ижорский »
131	» »	75	»	12	62,4	» »
132	» »	65	»	12	52,8	» »
133	» »	55	»	7	25,55	» »

Всего комплектов . . . . . .

Примечание. Часть коронок дробовых 55 мм дается без канавок как пробный образец. Стоимость комплекта около 18 000 руб. (в 1935 г.).

Резцы из твердых сплавов имеют форму чаще всего правильной 8-гранной призмочки или цилиндрика высотой 10 мм и диаметром 5 мм, 10×6,5 мм, 6×7,5 мм и 19×10,5 мм. Вес суррогатов в коронке толщиной 7—15 мм при числе их 6—12 и более — от 25 до 400 г в зависимости от диаметра. Суррогаты вставляются в высверленные и заправленные оправкой и промытые бензином гнезда коронки зачеканкой, впрессовыванием или впайкой. Впайку лучше вести легкоплавким припоем (700—1 000°). Флюсом при впайке может служить бура. Охлаждение коронки ведется медленно. Резцы выступают из коронки на 0,3—1 мм. Тело коронки между резцами заправляется так, чтобы суррогатные стержни имели вид резцов с углом наклона 6—8° и углом резания 83—86°. Встречный бок суррогата освобождается от тела коронки на высоту 2—3 мм. Заточка и шлифовка суррогатов производится карборундовыми кругами почти без давления, при окружной скорости 25—30 м/сек.

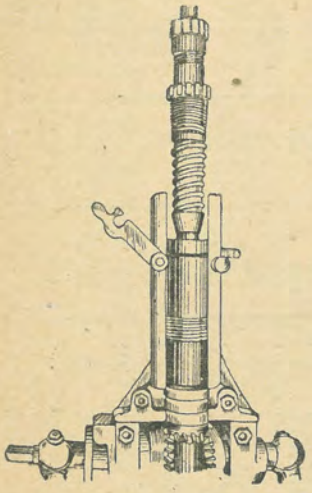


Рис. 31. Самоподающий аппарат к станку Войслава.

2. Спецификация оборудования для алмазного бурения

Для алмазного и дробового бурения на глубину до 200 м требуется буровое оборудование, состоящее из станка, двигателя, насоса и бурового инструмента, охарактеризованное далее в спецификации № 6.

Технические условия на приемку бурового колонкового оборудования на 1935 г.

Буровое колонковое оборудование состоит:

1. Буровой станок типа «Крелиус»
2. Насос
3. Двигатель
4. Обсадные трубы
5. Принадлежности для обсадных труб
6. Бурильные штанги
7. Принадлежности бурильных штанг
8. Колонковые наборы (колонковые трубы, переходники для колонковых труб, коронки для вставки твердых сплавов и алмазов и долота)
9. Подъемные принадлежности (блоки, тросы, крюки, домкраты)
10. Аварийный инструмент (метчики, колокола, труборезы внутренние и переходники).

Общие условия

Все оборудование должно быть изготовлено в соответствии с чертежами и из материалов, указанных в чертежах. (Двигатели в соответствии с установленными для них стандартами.) Материалы, идущие на изготовление оборудования, не должны иметь пороков в виде: плен, трещин, раковин и т. п. В чугунных отливках допускаются раковины в местах, не влияющих на прочность оборудования, и не должны быть глубже 2—3 мм при диам. не более 10 мм. Поверхности готовых изделий за исключением точеных, в предупреждение ржавления, окрашиваются масляной краской (кроме обсадных труб и штанг), а точеные поверхности и резьбы смазываются густой смазкой.

Частные условия

I. Буровые станки

а) Станки при проворачивании вручную должны быть легки на ходу; все вращающиеся части должны вращаться плавно, не бить и не иметь лифта. Смазочные отверстия должны обеспечивать свободный проход смазки.

б) В шпиндель должна свободно входить соответствующая штанга с зазором 1—2 мм.

в) При 250 оборотах шпинделя и нормальной нагрузке в подшипниках не должно наблюдаться нагревания свыше 30—40° С.

г) Тормоза лебедок на станках при спусках инструмента должны обеспечивать полное плавное затормаживание.

II. Насосы

Насосы должны отвечать тем же условиям, что и станки по пункту а). При испытании насосов последние должны выдерживать давление: насос Е до 30 атм., ИБ до 20 атм. и ручной до 12 атм., при этом не должно наблюдаться течи в корпусе, цилиндре и колпаке. Предохранительный клапан должен обеспечивать свободную регулировку. Приводные насосы должны обеспечивать производительность: насосы Е 60 л при 70 ходах в минуту, ИБ—28 л в мин. при 40 оборотах в минуту.

К насосу должен быть приложен паспорт и акт испытания.

III. Двигатели

Двигатели должны обеспечивать установленную для них мощность, число оборотов, расход горючего и смазки.

При нормальной работе не должно наблюдаться люфта в подшипниках, стука в цилиндре и вибрации маховика.

IV. Обсадные трубы

Обсадные трубы должны быть прямолинейны, в своих нарезках взаимозаменяемы и не должны быть помяты.

Отклонения в размерах наружного и внутреннего диаметра и толщины стенок указаны в нижепомещенной таблице:

Номин. наруж. диам.	Допуск на наруж. диам.	Наружный диаметр в пределах	Номин. внутр. диам.	Допуск на внутр. диам.	Внутренний диаметр в пределах	Номин. толщина на стенки	Допуск на толщину стенки	Толщина стенки в пределах
127	+2,0—0,5	129,0—126,5	119	+1,5—1,0	120,5—118,0	4	+1,0—0,5	5,0—3,5
112	+2,0—0,5	114—111,5	104	+1,5—1,0	105,5—103,0	4	+1,0—0,5	5,0—3,5
97	+1,5—0,5	98,5—96,5	89	+1,5—0,5	90,5—88,5	4	+0,5	4,5—3,5

V. Принадлежности для обсадных труб

Все принадлежности для обсадных труб должны соответствовать размерам труб. Детали, сопрягающиеся с трубами посредством резьбы, должны свободно с ними свинчиваться.

VI. Бурильные штанги

Штанги должны быть прямолинейны, в резьбовых соединениях взаимозаменяемы, при свинчивании не должно наблюдаться люфта.

VII. Принадлежности для бурильных штанг

Принадлежности штанг должны соответствовать размерам штанг и свинчиваться с ними без особых усилий.

VIII. Колонковые наборы

Колонковые трубы должны быть прямолинейны, а сопрягающиеся с ними инструменты: переходники, коронки, ниппеля, долота должны обеспечивать свободный проход в обсадные трубы и свинчиваться без особых усилий.

IX. Подъемные принадлежности

Подъемные принадлежности должны выдерживать установленную для них нагрузку, которая указана на изделиях.

X. Аварийные инструменты

В метчиках, колоколах, труборезах резьбы, соединяющиеся с трубами и штангами, должны легко свинчиваться с последними. Конусная резьба в метчиках и колоколах должна быть закалена и при резании мягкого металла не должна сниматься и выкрашиваться. Труборезы должны обеспечивать свободный проход в обсадные трубы. Резьбы труборезов при резании не должны сминаться, а пружина после сжатия не должна иметь остающихся деформаций.

Примечание. Детальное ознакомление с оборудованием можно получить в каталогах на это оборудование, Объединения «ВСЕБУРНЕФТЕМАШ».

а) **Алмазный станок проф. Войслава.** На практике можно встретить применение для алмазного ручного бурения малых разведочных скважин станки проф. Войслава (рис. 32), которые в основе имеют вертикальную треугольную складную трубчатую раму, укрепленную шарнирами на плоской деревянной станине, несущей в верхних углах вращатель. Последний состоит из двух горизонтальных валов, лежащих на одной горизонтальной оси в подшипниках верхних углов трубчатой рамы, которые на наружных концах имеют рукоятки с маховиками или без них, а на внутренних —

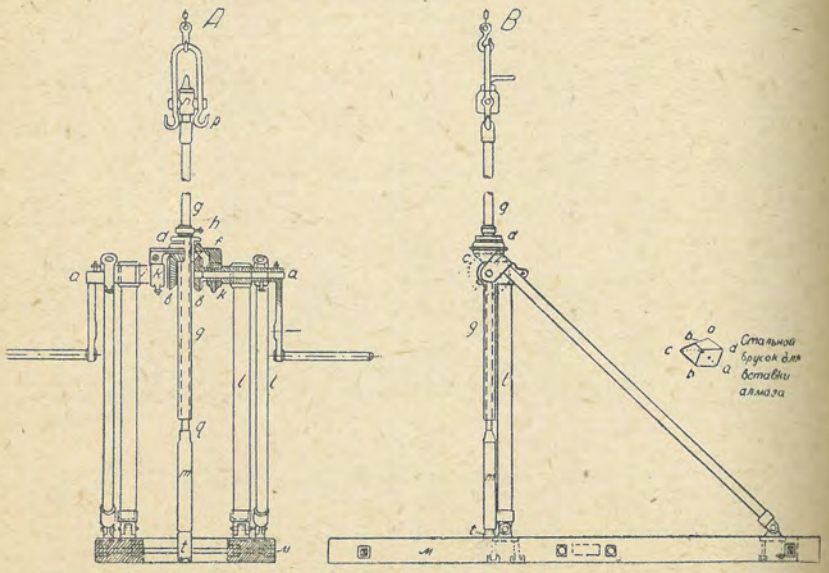


Рис. 32.

конические бронзовые шестерни, находящиеся в сцеплении с ведущей буровой конической шестерней, которая свободно вращается в особой подставке. Эта подставка может поворачиваться около горизонтальной оси на втулках подшипников горизонтальных валов зубчаток. По оси ведущей шестерни свободно проходит на длинной шпонке ведущая буровая труба станка, в которой зажимается штанга бура. Регулирование давления на забой здесь производится или подвешиванием груза на крюках сальника штанги бура или же (при излишнем весе бура) противовесом на буровом катане.

В самом малом станке Войслава подача бура и регулирование давления на забой производятся винтовой муфтой и помещаемой в ней пружиной (рис. 31). Для уменьшения трения над пружиной имеется шариковая кольцевая пята.

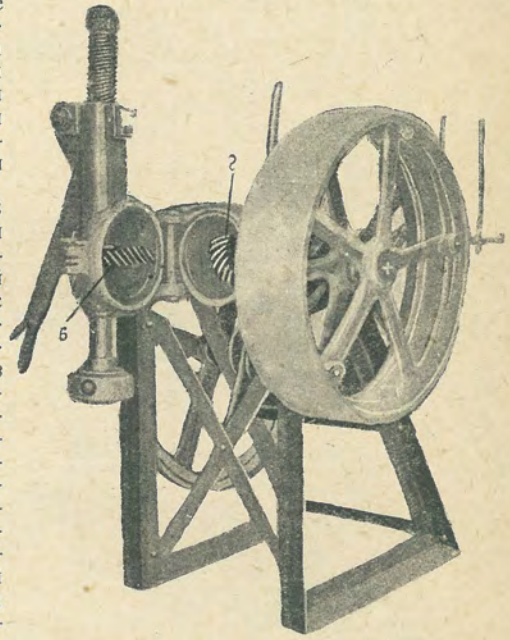


Рис. 33. Станок Крелиус КА300 (АВ) — общий вид.

б) **Станок Крелиус АВ (КА 300) для алмазного и дробового бурения с рычажной подачей бура.** Буровой станок системы Крелиус АВ (рис.33, 34,35) изготовляется в СССР Ижорским заводом. Он состоит: 1) из двухрамной трапецоидальной системы станины из углового железа, несущей вверху приводный вал; 2) вращателя с геликоидальной передачей от главного вала, имеющего с левой стороны холостой и рабочий шкив, а с правой стороны желобчатый фрикционный малый шкив; 3) лебедки с фрикционной передачей, включаемой в сцепление с малым желобчатым шкивом приводного вала поворачиванием вверх особым рычагом эксцентрикового вкладыша правого подшипника подъемного барабана, большой желобчатый шкив которого обычно прижат к тормозной колодке внизу правой рамы станины. Геликоидальные шестерни вращателя заключены в разъемную коробку, в передней половине которой и помещается горизонтальная шестерня вращателя. На передней половине коробки установлен прибор для регулирования давления на забой. Штанга бура зажимается в зажиме внизу буровой трубы, которая ходит по оси горизонтальной шестерни вращателя на шпонке. Горизонтальная шестерня свободно вращается, опираясь своей ступицей на коробку. Выше шестерни (в вертикальном высоком приливе коробки) буровая труба (или буровой шпиндель) посредством шариковой пяты соединена с верхней половиной своей, которая имеет с передней и задней сторон (по образующей) две кремальеры, ходящие в пазах прилива, а потому эта половина буровой трубы может иметь перемещение только по оси.

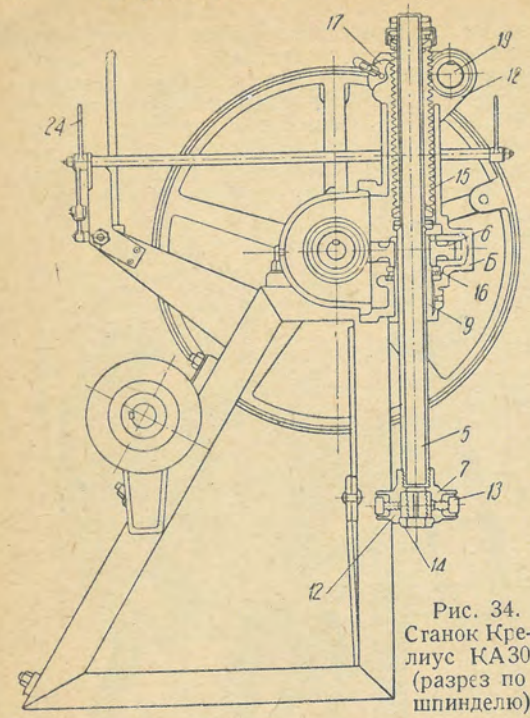


Рис. 34. Станок Крелиус КА300 (разрез по шпинделю).

Прибор для регулирования давления на забой в общем состоит из следующего: в верхней части вертикального прилива имеется: 1) прилив, в котором поставлена собачка *17* для удерживания кремальеры в любом положении, и 2) прилив *18* с болтом *19*. На этом болте (пальце) закреплены две вертикальных шестерни — одна *20* входит в зацепление с передней кремальерой, вторая же *21* храповая, вращающаяся на пальце, зацепляется с рычагом *22*, который для этого имеет в пазу конца его, надетого на палец *19*, собачку. Когда собачка зацеплена с храповой шестерней *21*, то, нажимая на свободный конец рычага, можно заставить в любой момент кремальеру и буровую трубу перемещаться по

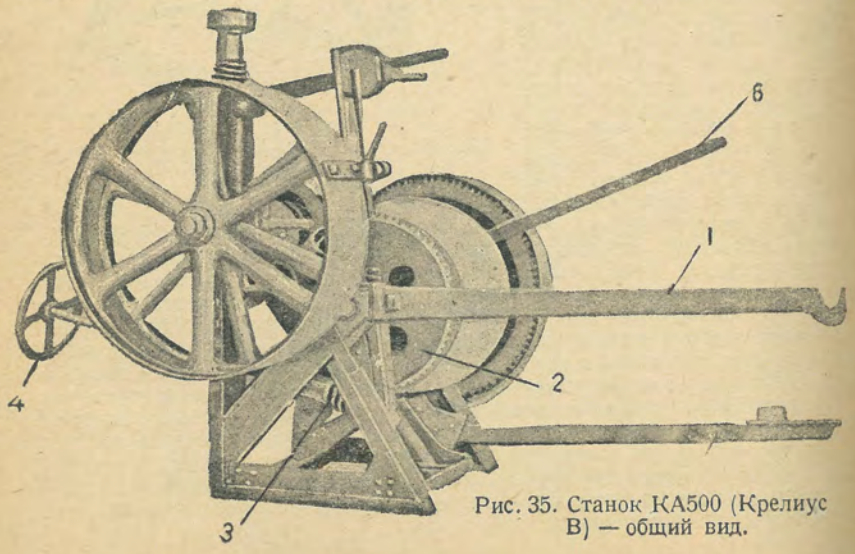


Рис. 35. Станок КА500 (Крелиус В) — общий вид.

оси, чем и регулировать давление бура на забой. Для возможности производства ударов на правом конце приводного вала надевается катушка.

На рисунках 35 и 36 изображен станок типа К р е л и у с В или КА500 на глубину до 500 м; вес его 1 600 кг.

в) **Станки Вирта и Пайнера.** Кроме станков Крелиуса из станков с рычажной подачей бура у нас имеют применение станки немецких фирм Вирта и

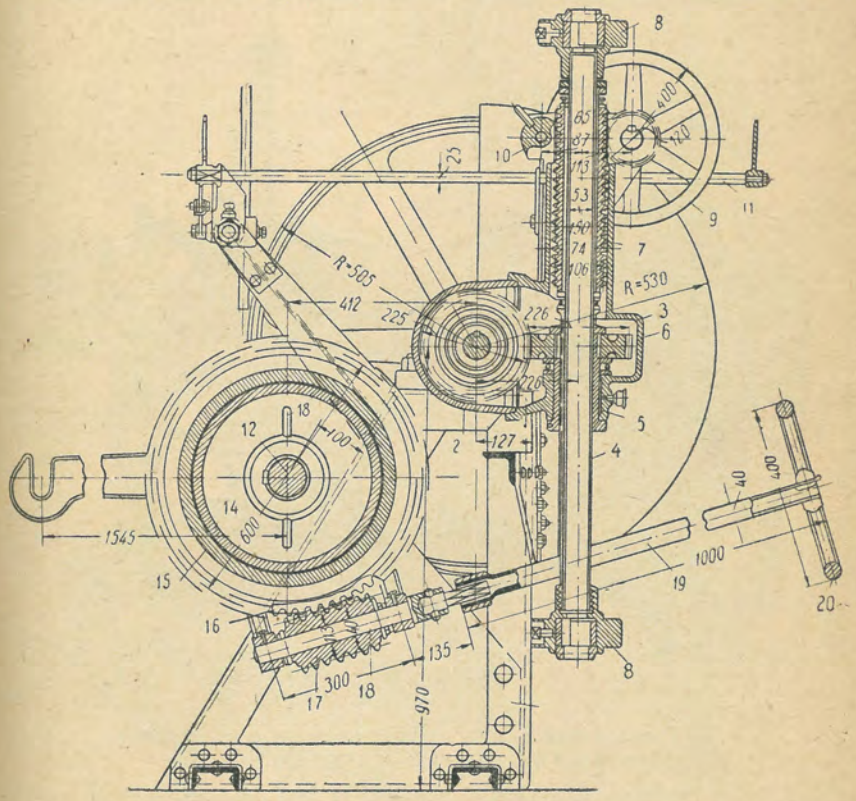


Рис. 36. КА500 (Крелиус. В разрез по шпинделю).

Пайнера. Станки Вирта *EAW* рассчитаны на глубину до 500 м (рис. 37). Перед Крелиусом они имеют преимущество в более сильной конструкции, возможности сохранять рычаг регулирования давления на забой в горизонтальном положении, что дает постоянство давления. Но станки эти не приспособлены к перемене геликоидальных шестерен, чем достигается изменение числа оборотов бура.

Станки Пайнера DR_1rT на глубину до 300 м и *DR* dT на глубину 500 м (рис. 38) характеризуются следующими данными: вращательный аппарат имеет конические шестерни; вместо кремальеры рейка с бесконечной цепью

Галля; лебедка имеет прямой и обратный ход от привода; насос на одной раме со станком, от которого и приводится; имеется на станке привод системы Базе, который исключает возможность бурения без промывки.

г) **Станки Сулливана.** Для алмазного бурения на глубину до 400—800 м применяются часто машины Сулливана (Sullivan) (рис. 39 и 40), имеющие очень точное гидравлическое регулирование давления на забой.

В таблице на стр. 584 кратко охарактеризованы станки Сулливана.

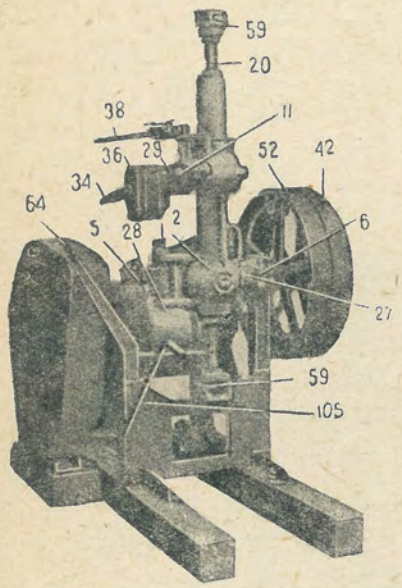


Рис. 37. Станок Вирт EAW.

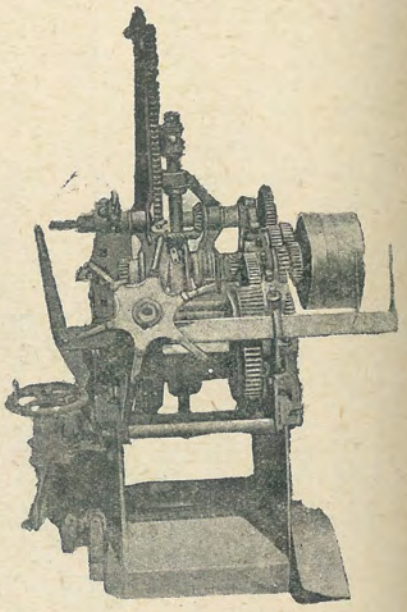


Рис. 38. Станок Пайнер ДКАГ на глубину 50 м.

3. Главнейшие практические указания по алмазному бурению (Ключанский — Алмазное бурение)

Сборку буровых инструментов производят так: коронка, рватель с коническим кольцом, колонковая труба, штанга или то же, только без рвателя.

Прежде чем опустить новую или исправленную коронку в буровую скважину, забой скважины должен быть хорошо очищен, чтобы на нем не лежали куски оторвавшейся породы или потерянные буровые столбики (применить для этого крестовое долото).

Новую или исправленную коронку опускать медленно и точно наблюдать, чтобы она не была защемлена в суженной книзу скважине, не достигнув забоя. Если наблюдается защемление, то коронку нужно осторожно немного приподнять, и скважина должна быть с этого места расширена с применением при промывке быстрого вращения при медленном опускании без давления (давящий рычаг придерживать рукой). Не забыть производить промывки.

Если алмазная коронка достигла забоя, то сначала дать только легкое давление, и затем, когда она правильно вработалась, давление должно быть постепенно повышаемо.

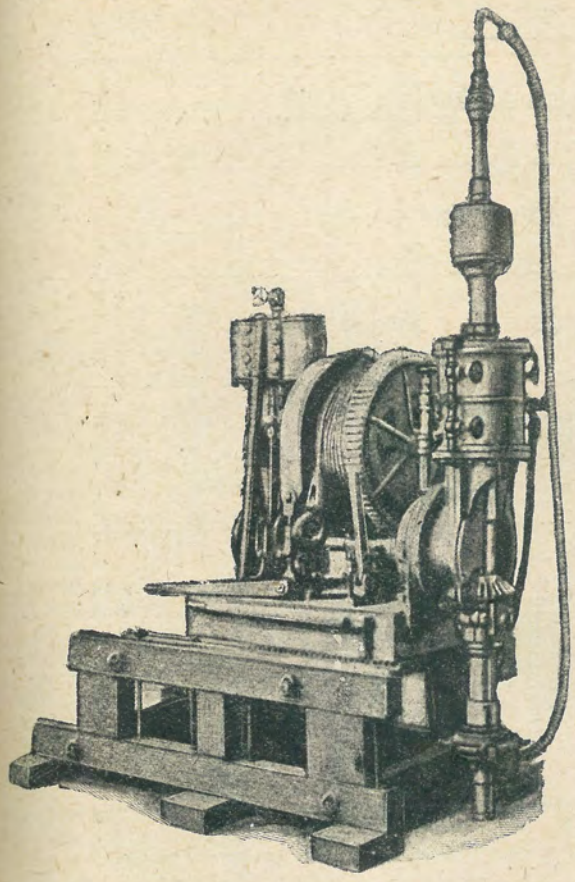


Рис. 39. Станок Сулливана.

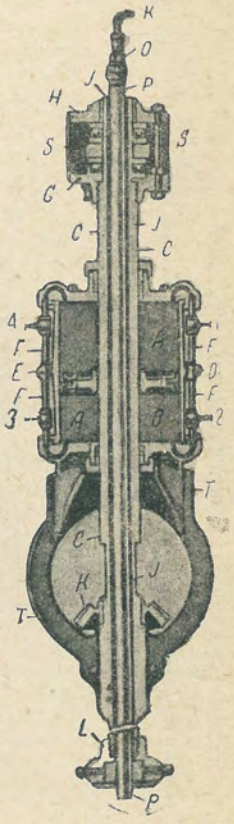


Рис. 40. Вращатель станка Сулливана (разрез).

Если бурение остановилось, т. е. давящий рычаг больше не опускается, то буровой столбик защемлен. Тогда можно один-два раза осторожно приподнять буровые штанги на 1—2 см (не больше) и медленно опять опустить, вследствие чего защемленный буровой столбик освободится, и бурение может быть опять продолжено. Если же бурение не подвигается, то насос должен быть тотчас остановлен, выступающая из скважины буровая штанга точно измерена, и затем все штанги должны быть вынуты.

Общие сведения о станках фирмы Сулливан

Тип станка	Тип привода	Глубина скважины (м)	Диаметр скважины (мм)	Диаметр керна (мм)	Мощность двигателя (в л. с.)	Подача
Bravo	ручной	30 [1]	40	24	ручной	винтовая
Bravo 300	ременный	90	40	24	6	
Bravo 300	электрический	90	40	24	5	
Bravo 300 с комплектом N	ременный	15	72	51	6	
Baby Turbinair	воздух	240—30 [2]	40	24	6,5	
Turbinair	пар, воздух	240	40	24	6,5	
Sullivan 20	газолин или электрич.	345	40	24	10	винтовая и гидравлич.
Sullivan 20	то же	300	46	29	10	
C	пар или воздух	660	46	29	15	гидравлич.
C	ременный	660	46	29	15	»
C монтированный	газолин	660	46	29	20	»
CN	пар или воздух	300	72	51	15	»
CN монтированный	газолин	300	72	51	20	»
Sullivan 40	то же	660	48	29	29	»
Sullivan 40	то же	360	76	51	29	»
N	пар или воздух	660	72	51	20	»
N монтированный	газолин	660	72	51	30	»
Sullivan 60	пар	1500 шт. Bull.	75—457	51—162	45	»
Sullivan 60	газолин	1800 » N	75—457	51—162	45	»
Sullivan 60	то же	то же	то же	то же	84	»
FK	пар или воздух	1500 » Bull.	75—457	51—162	80	»
FK	то же	2250 » N	775—457	51—162	80	»

[1] С ручной лебедкой при дополнительном оборудовании может бурить до 90 м.
[2] С вспомогательной лебедкой может бурить до 240 м.

В таких случаях буровой столбик обыкновенно довольно плотно сидит в алмазной коронке и должен быть осторожно выбит из нее посредством твердого дерева или медного шеста. Никогда не применять железного шеста, ибо им легко могут быть повреждены алмазы.

Очищенный буровой инструмент следует точно осмотреть, кольцо рвателя смазать маслом и все опять опустить в скважину, но при этом проверить выступающую часть буровой штанги, в точности ли она соответствует измеренной раньше длине. Если это измерение соответствует прежнему, то бурение можно осторожно продолжать после того, как произведена промывка. Если эта мера не совпадает и выступающая часть буровой штанги длиннее, то алмазная коронка еще стоит не на забое буровой скважины, а на обломках породы или потерянном буровом столбике. При этом условии бурение ни в каком случае нельзя продолжать, но буровая коронка должна быть опять вынута из скважины, и последняя сначала очищена (при этом надо применять ловитель для столбика или крестовое долото и бурить им вращательно, как алмазной коронкой, пока не будет достигнуто гладкое дно). После этого только продолжать бурение алмазной буровой коронкой.

Не изнашивать слишком алмазов. Сталь, облегающая алмазы, подвержена естественному износу от буровой грязи. Алмазы от этого выступают наружу и могут потеряться. Поэтому необходимо алмазы почаще наново заделывать.

Во время бурения буровую коронку нельзя приподнимать с забоя скважины. Некоторые буровые мастера имеют привычку приподнимать буровую коронку при помощи давящего рычага через короткие промежутки времени на несколько сантиметров; это неправильно и ни в коем случае недопустимо, ибо небольшие части бурового столбика и осколки при этом способе бурения выпадают из буровой коронки и попадают под нее. При опускании буровой коронки алмазы должны размельчить эти обломки, но так как эти последние не лежат неподвижно под коронкой, а перекатываются, то алмазы естественно очень страдают, трескаются и даже вырываются из оправы.

Если колонковая труба заполнена буровыми столбиками, или если вследствие защемления бурового столбика буровая коронка должна быть вынута, то, прежде чем ее поднимать, должна быть точно измерена часть буровой штанги, выступающая из скважины, или напильником должен быть нанесен знак на буровой штанге против устья буровой скважины.

Надежнее всего работать буровым инструментом, составленным с рвателем.

Ни в коем случае не бурить инструментом, составленным без рвательного кольца.

Получаемые при бурении образцы пород — колонки — должны тщательно нумероваться, проверяться и сохраняться в специально изготовленных для них деревянных ящиках.

§ 33. Дробовое бурение

1. Буровое оборудование

Буровое оборудование при дробовом бурении почти то же, что и при алмазном.

а) **Дробовая коронка.** Вместо алмазной коронки применяется цилиндрическая коронка из углекислой стали, полая, внутри коническая и с продольными выточками для прохода дроби, с плоским кольцевым дном (рис. 41).

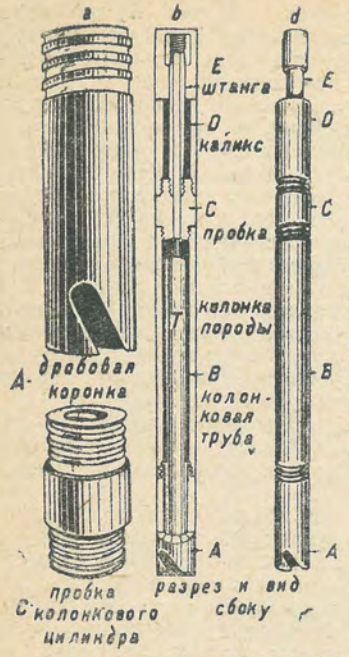


Рис. 41. Наконечник дробового бура.

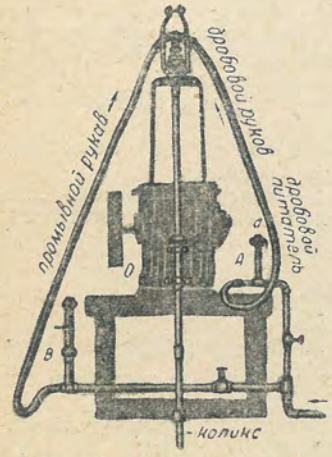


Рис. 42. Дробовый питатель Каликса.

б) **Дробовой питатель.** Дробь подается в сальник (рис. 41 и 42) штанги водой через особый дробовой питатель *А* (рис. 42).

На коронку привертывается колонковая труба. Колонковая труба вверху посредством переводника пробки свинчена с полой стальной штангой бура и шламмовой, т. е. грязевой, трубой. Лучше применять каликс с шейкой вверху.

в) **Дробь.** Применяемая для бурения дробь фосфористого чугуна, очень твердая, вязкая и плотная имеет диаметр обычно от 1 до 3 мм. Она различается по номерам: № 00 — крупная дробь, № 0 — средняя дробь, № 1 — мелкая дробь. Для более твердых пород берут дробь мелкую, а для менее твердых — крупную.

г) **Станки.** При дробовом бурении у нас часто применяются станок К р е л и у с *АВ* с двигателем типа Болиндер 12 л. с. и плунжерным насосом, с давлением воды до 10—12 атмосфер, и станок Д о б б и н с а (рис. 43).

Для бурения дробью можно применить очень удобные для разведок универсальные станки и машины К и й с т о н № 253 (рис. 44) и Вирта № 15, пригодные для бурения вращательного и бурения ударного.

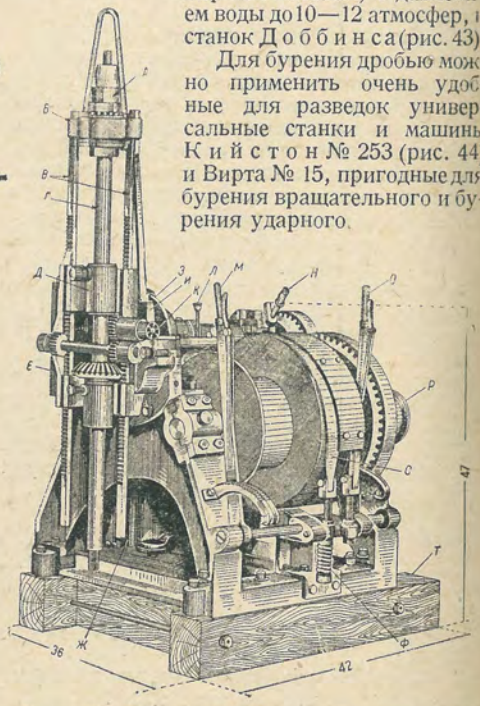


Рис. 43. Станок Доббинса для дробового бурения.

2. Дробовое бурение

Дробовое, как и алмазное, бурение рекомендуется начинать с углубления шурфа до коренных пород и последующей установки направляющей обсадной трубы с зацементированием хотя бы башмака ее в породе. Выветрившаяся порода проходится простой стальной зубчатой или воломитовой коронкой. Вначале для скважины диаметром 65—75 мм необходимо забрасывать 150—200 г дроби, а затем порции дроби уменьшить до 50—75 г и забрасывать ее через 10—15—20 минут, в зависимости от твердости пород и их трещиноватости.



Рис. 44. Буровая универсальная машина Кийстона.

Если правильный ровный режущий звук бурения нарушается, что часто происходит вследствие заклинки керна дробью, коротко приподнимают с забоя инструмент на 5—10 см, а иногда даже на 20 см, отчего дробь осыпается, затем опять ставят на забой, и бурение становится нормальным. Обычное число оборотов бура — от 100 до 200 в минуту, в зависимости от твердости породы при давлении нагнетаемой воды (по манометру на дробовом рукаве) от $^1/_3$ до $^1/_2$ атмосферы. Через каждые 1 ½—3 м производят промывку, повышая давление от 6 до 10 атмосфер в течение 15—30 минут. Расход воды от 4 до 10 л в минуту, для скважин от 56 до 75 мм диаметром. Чем тверже порода, тем число оборотов меньше. При глубине скважины до 50 м необходимо дополнительное давление на забой; при глубине же свыше 80 м необходима разгрузка бура, так как удельное давление на коронку около 20—25 кг/см². Обсадную трубу никогда не следует спускать на самый забой, а держать ее выше коронки. Если требуется перейти на следующий меньший диаметр, тогда на колонковую трубу прежнего диаметра навинчивают меньшего следующего диаметра коронку и пробуривают на полную длину этой коронки, затем вынимают бур, включают между коронкой и колонковой трубой колонковую трубу меньшего диаметра и продолжают бурение на длину бурового снаряда (коронка, колонковая трубка + каликс). После этого уже бурят нормальным составом бура. При переходе на бурение алмазной коронкой после дробовой необходимо скважину тщательно промыть при давлении до 10 атмосфер.

При проходе размываемых и трещиноватых пород колонковый цилиндр применяется двойной. Для успешности бурения торец коронки должен быть плоским, что достигается обсадкой торца коронки молотком и последующей обработкой слесарной пилой. Сильно изношенные (укороченные против своей нормальной длины 0,5—0,6 м) дробовые коронки ведут к быстрому изнашиванию дробью нижнего конца колонковой трубы.

По данным бурения в Германии (Флексена) на 1 м бурения дробью:

Таблица станков Доббинса

Марка	Двигательная сила	Диаметр скважин (в миллиметрах)	Диаметр инструмента (в миллиметрах)	Диаметр керна (в миллиметрах)	Глубина М
XC	Газолин	62,5— 88,9	57,15 — 88,9	31,75 — 62,5	152 — 91
XE	Электричество	62,5— 89,9	57,15 — 88,9	31,75 — 62,5	45 — 91
XH	Конная	62,5— 89,9	62,5 — 89,9	31,75 — 62,5	76
XM	Ручная	62,5	62,5	31,75	61
R	Пар	76,2—152,4	73 — 143	47,6 — 117,5	152 — 228
RE	Газолин	76,2—152,4	73 — 143	47,6 — 117,5	152 — 228
RC	Пар	76,2—254	73 — 251,46	47,6 — 209,6	152 — 475
M	Электричество	76,2—254	73 — 246	47,6 — 209,6	152 — 475
MC	Газолин	76,2—254	73 — 246	47,6 — 209,6	152 — 475
H	Пар	101,6—635	95 — 635	73 — 610	228—1 820
HE	Электричество	101,6—625	95 — 635	73 — 610	228—1 220
HC	Газолин	101,6—635	95 — 635	73 — 610	228—1 220

Породы	Расход дроби (в кг)	Износ коронки (в см)
В пестром песчанике	1 кг	2
В каменноугольных породах	2 »	—
В кварцевых порфирах	5 »	5—7

Распределение времени и процент времени чистого бурения алмазного и дробового довольно близки к 40—60%.

3. Преимущества и недостатки дробового бурения

Бурение дробью, требуя наличности очень высокой квалификации старшего бурового мастера, может вестись сменными мастерами малой квалификации.

При дробовом бурении можно применять большие диаметры, не удорожая особенно стоимости работ, и дорогие алмазы заменяются дешевой стальной или чугунной дробью. Оно применимо и в трещиноватых породах, в которых алмазное бурение без цементирования забоя отпадает. Но это бурение имеет и свои недостатки: при нем наблюдается большой износ инструмента, резьба колонковой трубы служит для проходки всего около 40 м, переводник от штанги к шламмовой трубе работает в среднем 20 м, нарезка шламмовой трубы изнашивается на 30 м бурения, а штанги и прочие части бура также скорее изнашиваются, чем при алмазном бурении.

Вторым недостатком является меньший выход кернов породы, чем в алмазном бурении; искривления скважин бывают чаще, чем при алмазном бурении.

Бурение дробовое в магнитных породах очень затруднительно.

§ 34. Комбинированное бурение буром Эмпайр

Бурение скважины буром Эмпайр сухое комбинированное; оно состоит, с одной стороны, из вращательного бурения зубчатым башмаком обсадных труб с забиванием их и бурения ложкой или змеевиком на штанге, а с другой стороны — из ударного штангового долотом и желонкой. При включении особой раздвижной штанги имеет место и бурение забивное. При этом бурение на штанге — ручное, а обсадной трубой — конное с водилом.

1. Бур Эмпайр

Бур Эмпайр состоит из следущих частей (рис. 45). Главной отличительной, дающей точность взятия образцов пород, частью бура Эмпайр служит труба. Она одновременно является закрепляющей стенки скважины обсадной трубой и наконечником бура, который своим зубчатым башмаком разрыхляет породу и углубляет скважину.

Трубы стальные, длиной по 1,52 м, с толщиной стенок 12 мм, без муфт, с крупной трапецоидальной нарезкой на 1 см 4 нитки. При свинчивании они дают обсадную колонну, гладкую снаружи и изнутри.

На нижний конец первой трубы навернут стальной пиловидно заостренный башмак. Внутренний диаметр башмака должен быть строго равен диаметру обсадных труб.

Так как даже и крепко закаленный башмак быстро срабатывается, то в разведочном инструменте должно быть их несколько.

На верхний конец трубы (над поверхностью земли) навинчивается верхняк, представляющий собой короткую стальную трубу, которая несколько выше средины своей имеет выпуклое кольцо с продольными ребрами (на случай порчи полезно иметь два верхняка).

При бурении в твердых породах ставится массивная железная забивная головка, свободно входящая своим нижним высоким цилиндром в верхняк, а верхним цилиндром опирающаяся на верхняк.

Материал забивной головки более мягкий, чем материал верхняка.

Бабка берется весом 65—80 кг, сделанная из сухого крепкой породы дерева. На верхняк обсадной колонны надевается круглая площадка в диаметре 1,8 м, которая состоит из свинчивающихся болтами четырех секторов, изготовленных из котельного железа. К ушкам сердечника прикрепляется болтом водило для лошади. Водило можно сделать из изогнутого вниз деревянного стержня в диаметре 15 см и длиной 3 м.

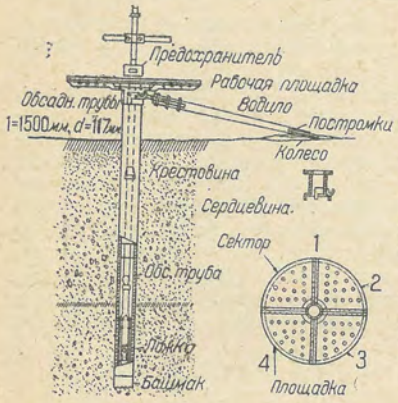


Рис. 45. Установка бура Эмпайр.

При глубине скважины свыше 15 м выгодно уже воспользоваться копром. Копер состоит из двух круглых железных стоек, внизу ввернутых в гнезда площадки, а вверху соединенных на болтах железной перекладиной, снабженной двумя блоками на стойке; под концевым блоком закреплена на втулке лебедка, барабан которой приводится ручкой через зубчатую передачу и спиральную пружину, уравновешивающую излишний вес бура при бурении.

Для поддерживания обсадных труб при их вытаскивании, а именно при отвинчивании и перестановке ваги, применяется железный трубодержатель.

Для временного поднятия или вытаскивания труб по окончании бурения на трубу навертывается железный трубоподъемный вертлюг.

При подъеме труб применяется трубоподъемная подставка. При больших глубинах и особенно при захватывании обсадной трубы грунтом, например в железистых песках или дресве, трубы поднимают домкратом со сквозной в винте полостью, которой он надевается на обсадную трубу. Для забирания разрыхленной породы применяется желонка. При работе в мягкой породе можно взять желонку со спиралеобразным башмаком. Такой желонкой действуют вращением, а не ударом, не рискуя таким образом выбить породу из обсадной трубы в забой.

Для разрыхления средней твердости пород, которых нельзя бурить желонкой, применяется легкое тонкое плоское долото.

Более твердые породы — камень, валуны и крупные гальки — разбиваются толстым долотом, отличающимся от тонкого плоского долота большей толщиной лопатки, которая по краям имеет толстые перья.

При бурении глинистых пород целесообразно применять большой змеевик или малый, который от обыкновенного змеевика отличается некоторой коничностью. Большим змеевиком пользуются для начала скважины, а малым — для бурения в трубах.

Бурение илистых и торфяных пород, особенно при начале бурения скважины, возможно производить забурной ложкой, состоящей из тонкостенного (с продольным боковым вырезом и без дна) цилиндра, служащего помещением для выбуренной породы. Для бурения в обсадной трубе имеется малая ложка.

Перечисленные наконечники бура привинчиваются к обыкновенной квадратного сечения железной штанге, состоящей из колен, так же как и трубы по 1,52 м длиной. Для вращения бура при бурении ложкой и поднятия бура при ударах долотом на штанге на ней закрепляются штанговые ручки (обычные двуручные или четырехручные).

Для подвешивания бура на устье труб и развинчивания и свинчивания его применяются подкладные ключи — два двуручных обратных и один одноручный обратный.

Для забивания в породу желонки, долота и выбивания застрявших в скважине инструментов служит раздвижная штанга — короткая для долот и длинная для желонок.

При большой глубине, а следовательно большом весе бура подъем бура можно производить с помощью пружинного балансира.

2. Спецификация комплекта четырехдюймового и шестидюймового бура системы «Банка» (Эмпайр), изготовляемого фирмой Wert Conrad в Голландии *

№ пп	Наименование предметов	Вес одного предмета (в кг) для 4″	для 6″
1	Трубоподъемная головка со стременем	20,8	24,9
2	Площадка разбирающаяся	90,7	95,7
3	Верхняк обсадной трубы	10,9	15,9
4	Запасные кольца к верхняку	2,9	3,6
5	Обсадные трубы 5-футовой длины**	28,1	40,8
6	Башмак с ровными краями для обсадной трубы	2,9	5,0
7	Предохранительные колпачки на наружную резьбу труб	3,5	5,7
8	Предохранительные колпачки на внутреннюю резьбу труб	3,5	5,7
9	Двойной ключ д/свертывания труб	14,1	20,0
10	Одинарный ключ д/свертывания труб	6,3	8,2
11	Штанговый ключ малый (ручка)	7,5	7,5
12	» » большой	11,8	11,8
13	Буровые штанги 5-футовые	9,3	9,3
14	Штанговый конус для исследования грунта	5,9	5,9
15	Подкладной предохранительный ключ одноконцевой	2,7	2,7
16	Подкладной предохранительный ключ двухконцевой	4,1	4,1

* Минеев А. О. Разведка золотых россыпей буром Эмпайр.

** Обсадные трубы имеются еще следующей длины:

4″		6″	
0,33 м	5,6 кг	0,33 м	8,1 кг
0,66 м	11,2 кг	0,66 м	16,2 кг

2) Штанги имеются следующей длины:

0,66 м . . . . . 1,8 кг

Продолжение

№ пп	Наименование предметов	Вес одного предмета (в кг) для 4″	для 6″
17	Плоское буровое долото	9,1	12,2
18	Четырехстороннее буровое долото д/разбивки камней	15,9	22,7
19	Двухстороннее буровое долото	10,0	14,1
20	Спиралеобразное долото-змеевик внутреннее	7,3	11,8
21	То же внешнее	11,8	20,0
22	Буровая ложка внутренняя	8,2	14,5
23	» » внешняя—забурник	14,5	27,2
24	Желонка с шаровым клапаном с башмаком, имеющим ровные края	15,0	26,3
25	То же со спиральным долотом	15,0	26,3
26	Спиралеобразный башмак для желонки	3,6	7,7
27	Шарики для клапана желонки	0,3	0,9
28	Запасные концы для штанг и инструментов с внешней нарезкой	0,7	0,7
29	То же с внутренней нарезкой	2,7	2,7
30	Башмаки с ровными краями для желонки	2,5	5,9
31	Трубодержатель (кошка)	15,9	17,2
32	Подставки для вытаскивания труб	104,3	104,3
33	Две стойки для дер+ания подставки	13,2	13,2
34	Короткая буровая штанга 18³/₄″, составляющая длину в 5 фут. с долотами и желонками	4,1	4,1
35	Обсадн. труба специальн.	20,8	30,8
36	Башмак для обсадной трубы зубчатый	2,5	4,1
37	» желонки зубчатый	2,5	5,4
38	Короткая штанга 28¹/₂″, составляющая длину в 5 фут. с инструментами № 20, 22, 24, 25	4,5	4,5
39	Железное водило	113,4	113,4
40	Цепной ключ	10,9	12,0
41	Цепь для подъема труб	7,5	8,6
42	Железная баба	83,9	99,8
43	Железные кольца и ручки для бабы, комплект.	20,4	20,4
44	Штангодержатели на площадке	12,5	12,5
45	Желонка с плоским клапаном	16,3	29,5
46	Ложкообразный башмак для желонки № 45	2,3	7,3
47	Оковка для ваги при вытаскивании обсадных труб	29,9	29,9
48	Французский ключ	2,9	2,9
49	Ключ обыкновенный для гаек	0,9	0,9
50	Молот десятифунтовый	5,0	5,0
51	Башмак с плоским клапаном и ниппелем для желонки № 24	3,2	6,8
52	Пружинный балансир	86,2	86,2
53	Специальная ловильная раздвижная штанга	19,0	19,0
54	Забивная шляпка	7,7	14,5
55	Специальная баба, употребляющаяся вместе с пружинным балансиром	83,9	145,1
56	Долотообразный башмак для желонки № 24	2,9	9,1
57	Поршневая желонка	27,2	47,6
58	Подъемник камней	20,4	31,7
59	Ловильный крюк	7,3	7,7
60	Пружинный ловильный крюк	6,8	6,8
61	Специальный домкрат для вытаскивания обсадных труб	90,7	111,1
62	Хомут на трубы при вытаскивании их домкратом	31,7	38,5
63	Ключ для гаек болтов хомута № 62	9,1	9,1
64	» » свертывания желоночных башмаков	1,8	2,5
65	Штанга с вертлюгом	7,3	7,3

3. Производство разведочного бурения буром Эмпайр

Для разведочного бурения эмпайром требуется на два комплекта один мастер, который руководит бурением, ведет буровой журнал обеих скважин и составляет предварительный разрез буровой скважины.

Он отвечает за бурение, инструмент и безопасность работ на скважинах.

На каждой буровой скважине непосредственно ведет работу старший рабочий и четыре буровых рабочих.

Для вращения обсадных труб, а также перевозки инструмента на каждой скважине должна быть одна лошадь.

Работы начинаются с того, что место бурения скважины расчищается и выравнивается в диаметре не менее 10 м. В центре этого круга выкапывается ямка глубиной 0,25 м и площадью 0,60×0,60 м. В ямку помещается направляющая крестовина, которая с боков засыпается и плотно утрамбовывается.

Легче всего сначала пробурить скважину на глубину, равную длине одной трубы (1,52 м), забурной ложкой или в глинистом грунте — змеевиком.

Ложкой бурят до 1,50 м. Затем берут колонну из двух труб с башмаком и опускают их в скважину. На колонну навертывается верхняк, на него надевается свинченная из секторов площадка. На площадке помещаются с бабкой рабочие, а под ней к ушкам верхняка прицепляется водило, в которое впрягается лошадь. Теперь бурение ведется уже обсадной колонной. Практика показала целесообразность опускания труб сразу на 0,2 м, так как при меньшей высоте столбика больше времени уходит на выемку породы из обсадной колонны, а при высоте более 0,2 м обсадная колонна углубляется и, не вбирая в себя породы, выжимает последнюю за башмак, что ведет к неточности разреза скважины.

За глубиной погружения обсадной колонны труб следит старший рабочий по черточкам, сделанным на обсадной трубе через 0,2 м.

Для выбирания из обсадной трубы породы применяется обычно желонка с шаровым клапаном.

В мягких породах применяют желонку со спиралеобразным башмаком, действуя вращением бура. При этом образцы пород получаются неперемешанными и не выбиваются под башмак труб, как это имеет место при ударной желонке.

При бурении в глинистых породах желонку заменяют змеевиком, а при наличности в столбике больших галек и вообще твердой породы таковые разбивают сначала тонким долотом. Применение толстого долота допустимо только при очень твердых породах, а иначе оно вбивает породу столбика под башмак обсадных труб. Все эти наконечники работают в обсадной колонне, и только в исключительных случаях опускается долото ниже башмака труб, когда последний не может просверлить породы.

Когда скважина закончена, обсадные трубы вынимают. Для этого в расстоянии 0,5 м от скважины устанавливают трубоподъемную подставку.

На операцию вытаскивания труб тратится от 5 до 8% общего времени бурения скважины.

4. Преимущества и недостатки бура Эмпайр, производительность бурения им

При применении бура Эмпайр на разведках отмечены следующие его преимущества.

1) Благодаря прочности бура на различные неполадки тратится от 1 до 2% дней бурения.

2) На собственно бурение падает от 70 до 90% общего времени бурения.
3) Благодаря гладкой поверхности обсадные трубы легче идут.
4) Точнее и чище отбираются породы.
5) Бур Эмпайр в породах малой и средней твердости производительнее других буров, а именно:
а) по американским данным, в мягких породах, мелких песках или торфе, отчасти глине и т. п. в смену проходили до 20 м и более;
б) в очень твердых породах производительность его близка к производительности вообще штангового сухого бурения;
в) в породах же с галькой и валунами, в которых обыкновенное вращательное и штанговое ударное бурение очень затруднительно, бур Эмпайр работает успешнее. Бур Эмпайр даже производительнее Кийстона, превосходя его в скорости бурения процентов на 30. Данные о производительности бурения Эмпайром таковы:

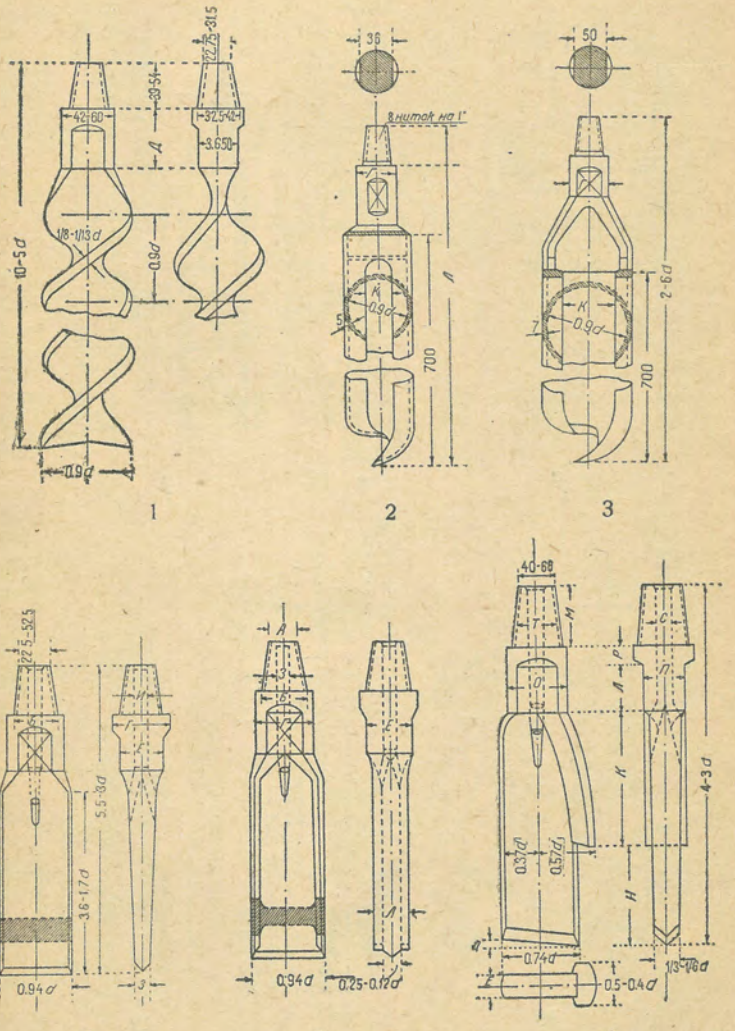
Тундра	0,17—0,43 пог. м, в среднем	0,30 м
Илов. песок	1,28—1,71 » » » »	1,00 »
Речник с глиной	0,43—2,14 » » » »	1,29 »
Песчаная глина	0,85—1,71 » » » »	1,28 »

Мерзлота 78%, при средней глубине скважин около 4,8 м и средней производительности 7 м;
6) бур Эмпайр легче и портативнее Кийстона;
4″ бур Эмпайр весит:

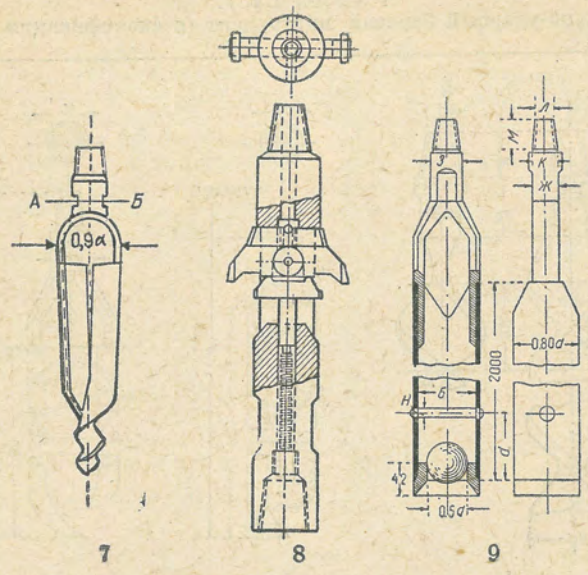
до глубины 7,5 м	— 800 кг
» » 15,0 »	—1000 »
» » 22,5 »	—1200 »
» » 30,0 »	—1400 »

6″ бур приблизительно вдвое тяжелее;
7) бур разбирается на части весом не более 40 кг, а потому допускает перевозку вьючным способом.
К недостаткам бура следует отнести следующие:
а) дороговизна бура (от 6 000 до 8 000 рублей);
б) буром Эмпайр можно бурить только до 30—40 м;
в) в твердых и плотных породах преимущества его отпадают, так как он превращается в обыкновенный штанговый бур для сухого бурения с такой же производительностью.

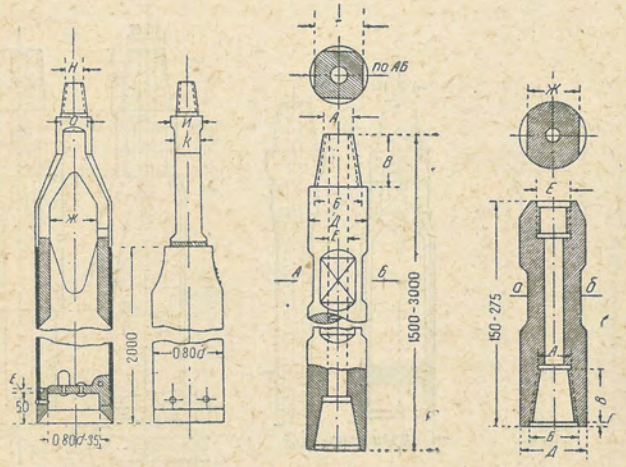
Таблица 1.
Вращательно-ударный буровой инструмент (к спецификации 1 и 2)



1—Змеевик; *2*, *3*—Буровая ложка; *4*—Плоское долото; *5*—Двутавровое долото; *6*—Эксцентрическое долото;

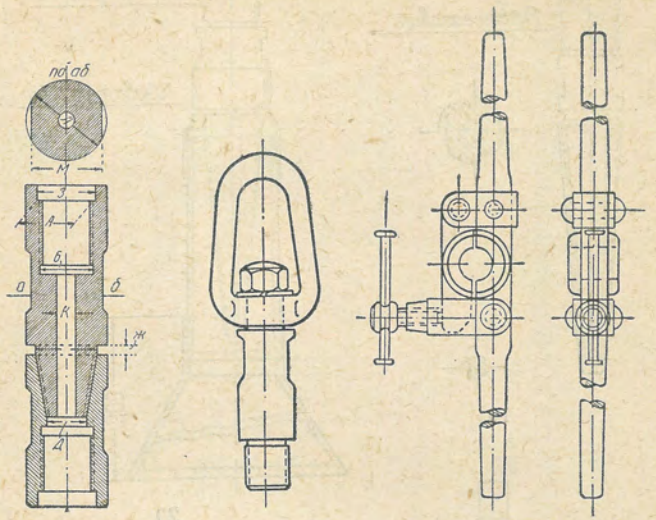


7 8 9

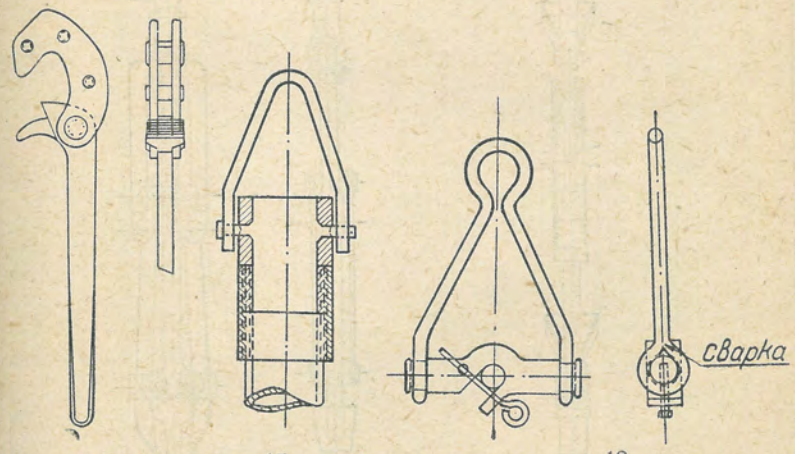


10 11 12

7—Бур двухперый открытый; *8*—Расширитель; *9*—Желонка с шаровым клапаном; *10*—Желонка с плоским клапаном; *11*—Ударная штанга; *12*—Переводник;

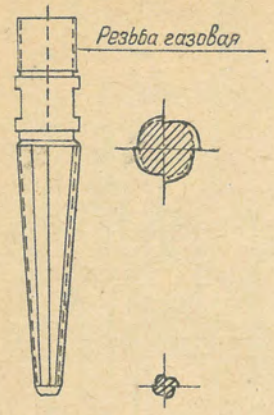


13 14 15

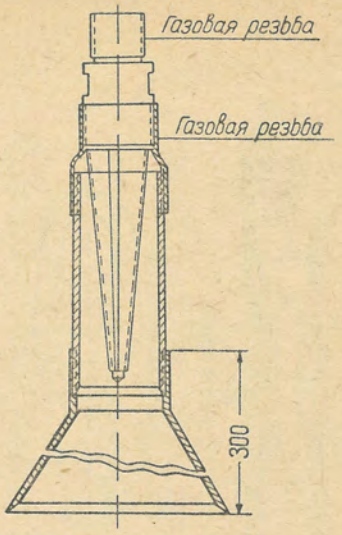


16 17 18

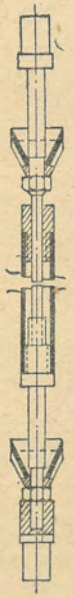
13—Замки для трубчатых штанг; *14*—Вертлюг штанговый; *15*—Хомут штанговый поворотный (для штанг 33,5—42 мм); *16*—Ключ откидной; *17*—Головка для обсадных труб (патрубок); *18*—Элеватор для штанг (фарштуль);



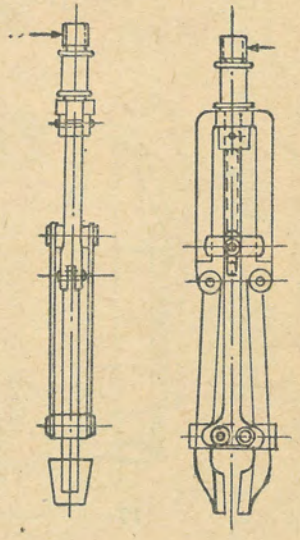
19



20

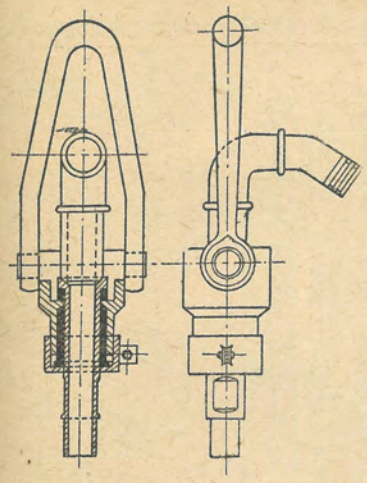


21

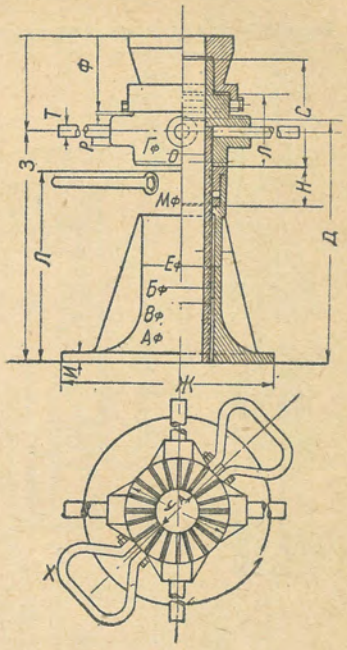


22

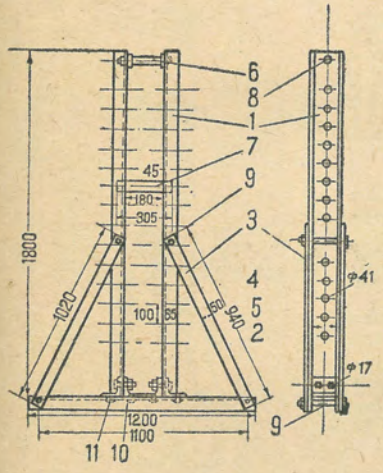
19—Метчик ловильный; 20—Метчик ловильный с воронкой; 21—Поршень Летестю сдвоенный; 22—Клещи ловильные;



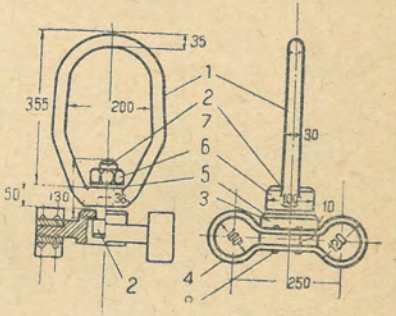
23



24



25

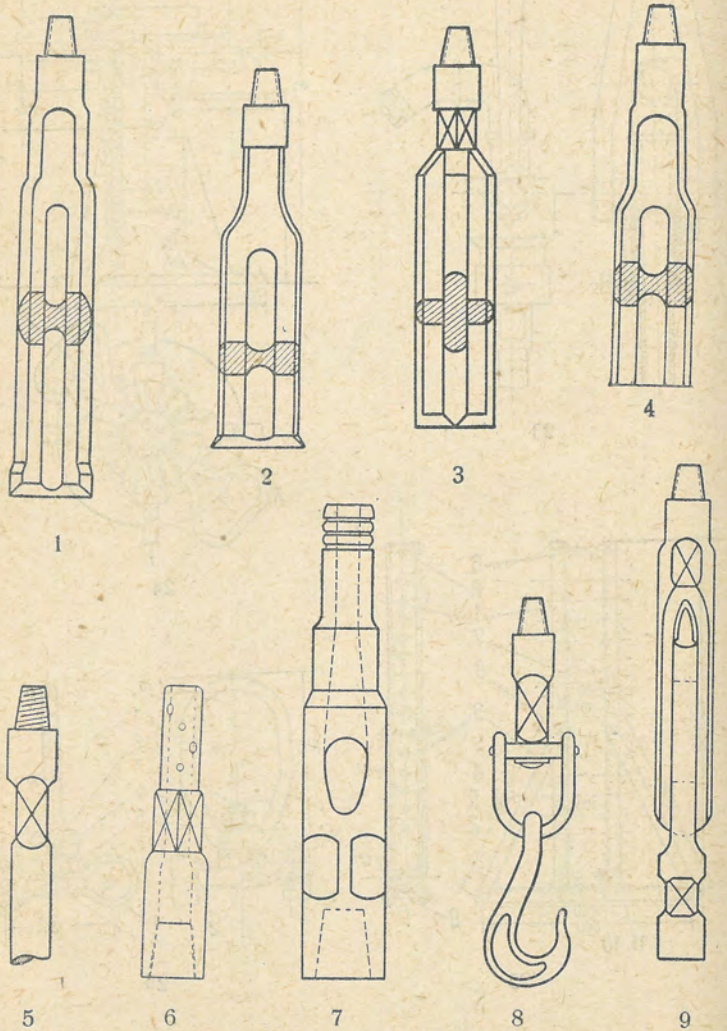


26

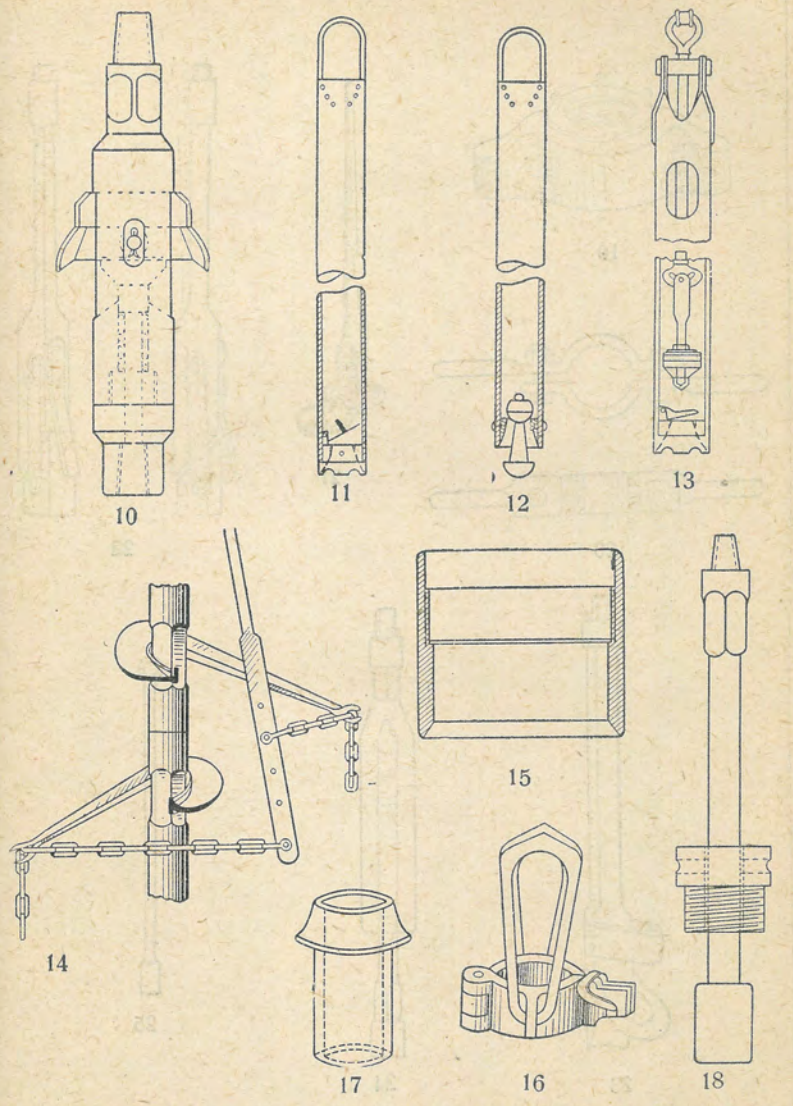
23—Сальник промывочный; 24—Домкрат Эмпайр; 25—Подставка для извлечения обсадных труб Эмпайр; 26—Трубоподъемная головка Эмпайр.

Таблица 2.

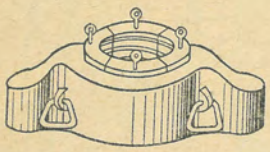
Буровой инструмент для канатного бурения (к спецификации 3).



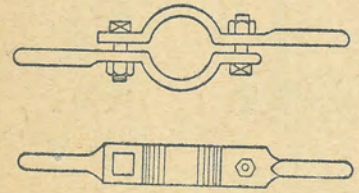
1—Долото длинное для твердых пород; *2*—Долото укороченное для мягких пород; *3*—Долото крестовое; *4*—Долото округляющее; *5*—Штанга ударная рабочая; *6*—Замок канатный для пенькового каната; *7*—Замок канатный для стального каната; *8*—Крюк вертлюжный на пробке; *9*—Ножницы рабочие;



10—Расширитель; *11*—Желонка простая с плоским клапаном; *12*—Желонка простая с полусферическим клапаном и копьем; *13*—Желонка поршневая с плоским клапаном; *14*—Рычаг для ключей с цепями; *15*—Башмак осадных труб; *16*—Элеватор; *17*—Бабка ударная; *18*—Штанга выбивная с ударной головкой;



19



20

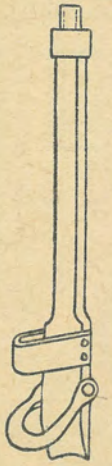


21

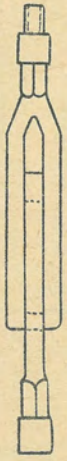




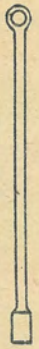
22



23

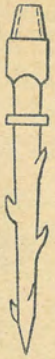


24



25

19—Хомут клиновой для подъема труб; *20*—Хомут для труб простой; *21*—Ключ цепной для свинчивания труб; *22*—Нож для резки стального каната; *23*—Нож для резки пенькового каната; *24*—Ножницы к ножам легкие; *25*—Штанга к ножницам для резки каната;



26



27



28



29



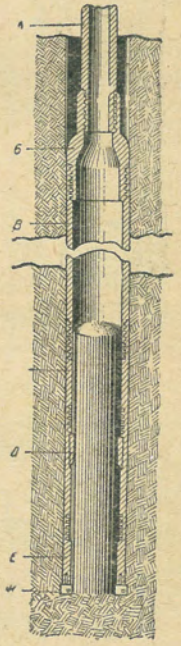
30



31



32

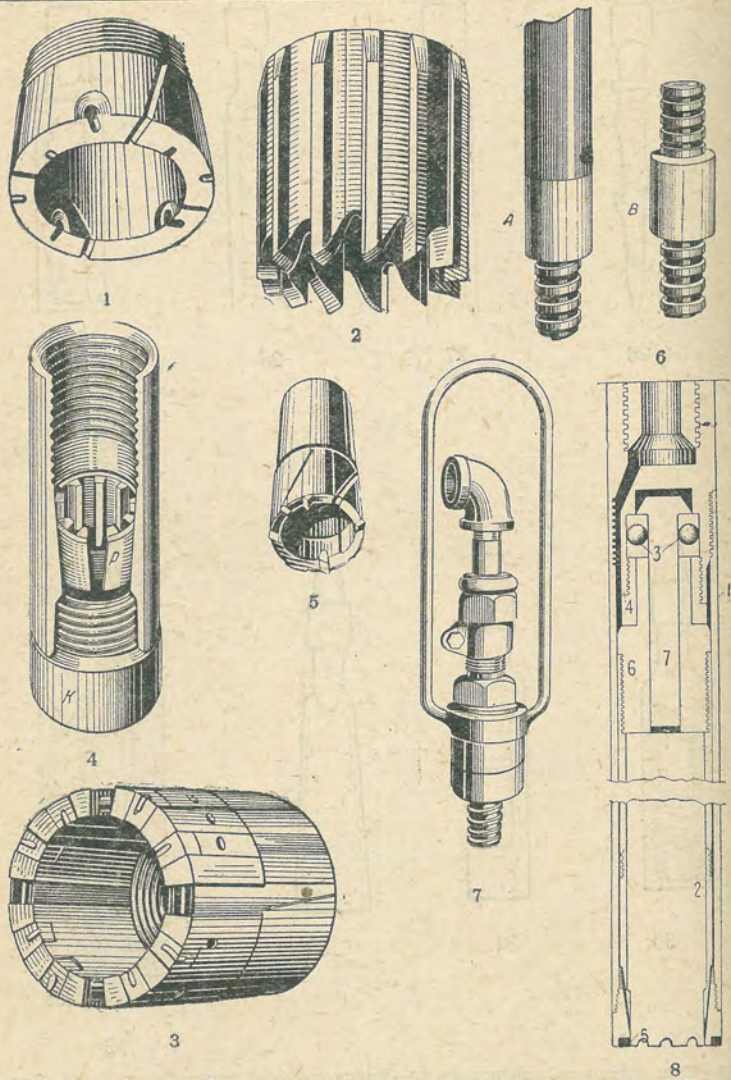


33

26—Ерш ловильный однорогий; *27*—Ерш ловильный вилкообразный; *28*—Вилка ловильная с собачкой; *29*—Шлипс для сломанного нижнего звена ножниц; *30*—Шлипс для ловли инструментов за их резьбу; *31*—Шлипс для ловли за канатный замок; *32*—Колокол ловильный гладкий; *33*—Простая колонковая труба с коронкой, рвателем, переходной муфтой в забое скважины.

Таблица 3

Быстро-вращательный буровой инструмент (к спецификации № 4).



1—Коронка с алмазами; *2*—Стальная зубчатая коронка типа Деви; *3*—Готовая алмазная коронка Баде; *4*—Рвatель Сулливан; *5*—Коронки с резцами быстрорежущей стали; *6*—А—штанга, В—ниппель; *7*—Сальник для промывки; *8*—Двойная колонковая труба с коронкой и рвателем.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ *

1. Руководство буровыми работами может производиться лицом, имеющим на то право, согласно положения горного надзора.

2. Сдающий смену сменный мастер обязан поставить в известность сбо всех замеченных им ненормальностях как в процессе работы, так и в состоянии оборудования принимающего смену мастера и занести все это в рапорт. Принимающий смену сбязан перед приступом к работе осмотреть станок, насос, двигатель, проверить состояние инструмента и места сцепления каната с блоком, с вертлюгом, с лебедкой и состояние самого каната. Должен осмотреть правильность положения блока, серьги, состояние копра и всех предохранительных приспоссблений. Все замеченные ненормальности и неполадки должны быть немедленно устранены с занесением в рапорт. О всех же замеченных серьезных ненормальностях, требующих особых мер для их устранения, или угрожающих безопасности рабочих, или оборудованию, или скважине, сменный мастер должен немедленно же донести старшему мастеру, прорабу или начальнику партии, принять со своей стороны все возможные меры для устранения катастрофы и не приступать к работе, не получив на это от них разрешения.

3. Лица в нетрезвом виде к работе не допускаются и с вышки должны быть удалены.

4. Все вращающиеся и двигающиеся части механизмов (маховые колеса, шкивы, зубчатые и фрикционные шестерни, выступающие концы валов и пр.) должны иметь надежные ограждения, полностью предотвращающие возможность несчастного случая.

5. При приемке машины и станков с завода следует обращать ссобое внимание на наличие конструктивных ограждений, отмечая в акте о приемке отсутствие их, немедленно принимать меры для устройства ограждений.

6. Станки и машины, имеющие холостой и рабочий шкивы, должны быть снабжены переводным механизмом для ремней, снабженным запорным приспоссблением, устраняющим самопроизвольный переход ремня с холостого на рабочий шкив.

7. Запрещается все выступающие вращающиеся части станков, машин, трансмиссий обертывать тряпьем или веревками. Таковые части должны быть снабжены гладкими предохранительными колпаками.

8. Все зубчатые передачи должны быть закрыты глухими футлярами, прочно прикрепленными к станине или к стойкам, и во время хода станка, машины, насоса не должны открываться.

9. Фрикционные колеса в местах схождения трущихся поверхностей должны быть ограждены.

10. Все движущиеся части станков, машин, насосов должны быть снабжены автоматическими смазочными приборами, или иметь масленки с резервуаром достаточной емкости, чтобы смазки хватило от пуска до остановки.

11. Во время работы двигателя, машины, насоса, трансмиссии не разрешается до полной их остановки производить какой бы то ни было ремонт. Для этого станок, машина, трансмиссия должны быть остановлены и приняты меры против самопроизвольного движения таковых.

12. Ремни, цепи, валы и т. д. должны быть ограждены прочными приспособлениями, не допускающими попадания в них людей и их одежды.

13. Соединение приводных ремней должно быть прочным и возможно гладким (специально металлические или сыромятноременные сшивки).

14. Серьга и блок копра должны иметь предохранительные приспособления во избежание падения вниз при поломке.

Подъемный крюк должен обязательно иметь предохранительное приспособление (защелку), не позволяющее спадания с него вертлюга, фарштуля, элеватора и пр.

15. Лестницы для соединения с верхними площадками копра должны быть прочно сделаны и укреплены и находиться в чистом виде.

16. Верхние площадки копра (полати) должны иметь прочные перила, высотою не ниже одного метра, и порог для предупреждения падения с площадки инструмента.

17. При переводе приводного ремня на холостой шкив переводная вилка должна быть обязательно закреплена (заперта) во избежание самоперехода ремня на рабочий шкив.

18. Пол буровой вышки должен быть сделан прочно, без дыр и больших щелей, не должен при хождении по нему качаться и должен содержаться в полной чистоте и исправности.

19. Каждая работающая буровая вышка должна быть хорошо освещена и при керосиновом освещении должна иметь не менее 4 исправных ламп, из расчета по одной у станка, насоса, двигателя и на площадке копра.

20. Каждая буровая вышка должна иметь не менее 2 огнетушителей, причем в зимнее время зарядка должна быть незамерзающей. Вся буровая бригада должна быть обучена обращению с огнетушителем.

21. Каждая буровая вышка должна иметь по 2 ящика, наполненных сухим песком, каковые должны находиться с двух сторон двигателя для тушения возникшего пожара.

22. Двери буровой вышки должны обязательно открываться наружу.

---

* Справочник разведчика.

23. При каждой буровой вышке снаружи должно быть не менее одной лестницы.
24. Хранение горючих и смазочных материалов на вышке не разрешается; таковые можно содержать на вышке в количестве, обеспечивающем работу 2 смен. Бензин на вышке держать запрещается.
25. Переноска и хранение горючих и смазочных материалов в открытых сосудах не разрешается.
26. Посторонним воспрещается право входа в вышку.
27. Во время хода двигателя смазка такового может быть разрешена только при наличии приспособления, делающего эту смазку безопасной.
28. После каждой остановки до пуска старший по смене должен удостовериться в полной исправности всех частей двигателя, станка и насоса.
29. Уход за двигателем может быть поручен только лицу, сведущему и опытному в этом деле.
30. Отводящие трубы двигателей не должны иметь соприкосновения с горючими материалами.
31. На каждой вышке должна быть аптечка с необходимыми для оказания первой помощи медикаментами (при группе вышек, недалеко расположенных одна от другой, аптечка может храниться на одной из них, но о местонахождении аптечки должно быть известно на каждой вышке). То же самое и в отношении носилок.
32. На каждой вышке должен обязательно иметься бак с остуженной кипяченой водой, кружка для питья или ковш, два ведра, плакаты по технике безопасности.
33. При работе с колонковыми рычажными станками (Крелиус) при закрытой вертикальной коробке станка, особенно в моменты подъема и спуска с лебедки штанг через шпиндель, следует принимать все меры предосторожности, чтобы при внезапном движении рычага кремальеры не произошло тяжелого несчастного случая, для чего необходимо:
а) при подъемах и спусках снаряда через шпиндель убеждаться, что болты у зажимных патронов освобождены и рычаг кремальеры выключен;
б) при штангах, закрепленных в шпинделе, не выпускать из рук рычага, если снаряд не стоит на штангодержателе или на забое;
в) при всех операциях рычагом как рабочие, так и мастер не должны находиться в плоскости движения рычага.
34. При вращении рабочего шкива станка вручную с помощью рукояток последние немедленно удаляются по окончании вращения.
35. При работе с электромоторами последние должны быть заземлены. Для включения и выключения рубильника на вышке должны быть резиновые перчатки.
36. Все, что сказано в отношении механизмов для буровых вышек, относится и к механическим мастерским полевых партий и баз.

Приложение 2.

ДОКУМЕНТАЦИЯ СКВАЖИН *

Правильная документация буровых скважин, как и всякого рода других разведочных выработок, является одной из ответственных задач геологоразведочной службы. Следует хорошо помнить, что процесс проведения самой скважины или вся техника бурения, подчас очень кропотливая, длительная и сложная, является только средством буровой разведки, а что основная цель ее заключается в получении по исследуемому участку наиболее полных и исчерпывающих данных как геологического, так и техно-экономического характера. Поэтому как бы дешево и как бы технически успешно и грамотно ни была проведена скважина, но если она плохо документирована геологически или лишена основных технических показателей, то значение ее как разведочной выработки ничтожно, и остается в таком случае только пожалеть о затраченных средствах.

В настоящее время разработано довольно много форм геологоразведочных документов и предложено немало методов ведения по ним отчетности. Почти каждая самостоятельная геологоразведочная организация, а таких в нашем Союзе насчитывается достаточное количество, имеет свой собственный взгляд на способ ведения учета и документации работ.

Буровой журнал при механическом бурении является основным документом буровой разведки. Он ведется в двух видах: в виде чернового экземпляра, заполняемого дежурными (сменными) мастерами на буровой вышке, где он остается до окончания данной скважины, и в виде чистого экземпляра, составляемого на основе записей чернового журнала и ежесменного рапорта руководителем работ или его заместителем и хранимого в конторе. Такой порядок ведения бурового журнала, преследующий регулярный контроль его записей, объясняется, с одной стороны, важностью этого первичного разведочного документа, с другой — не всегда достаточной квалификацией и грамотностью бурового персонала, допускающего в черновом образце грубые ошибки.

Буровой рапорт заполняется ежесменно на основании записей чернового бурового журнала и посылается после проверки старшим мастером в контору партии. По буровым рапортам ведется чистовой буровой журнал.

---

* Справочник разведчика.

ОБРАЗЕЦ № 1

СМЕННЫЙ РАПОРТ № . . .

Заполняется ежесменно при ручном бурении по всем скважинам участка

. . . . . ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ТРЕСТ

. . . . . партия № . . . . за . . . . . месяц 193 . . г.

. . . . . отряд . . . . . смена от . . . час. до . . . . час.

по ручному ударно-вращательному бурению

№ комплекта	1
№ скважин	2
Пройдено, м: Диаметр, мм	3
Пройдено, м: от	4
Пройдено, м: до	5
Пройдено, м: Итого	6
Закреплено, м: Диаметр, мм	7
Закреплено, м: от	8
Закреплено, м: до	9
Закреплено, м: Итого	10
Пройденные породы	11
Уровень воды: В начале смены	12
Уровень воды: В конце смены	13
Задолжено часов: Подготовка	14
Задолжено часов: Уборка	15
Спуск и подъем	16
Крепление	17
Прочие работы	18
Ликвидация аварий	19
Непогодажи и простои по уважит. причинам	20
Непогодажи и простои по неуважит. причинам	21
Итого (14—21)	22
Примечание	23

Задолженный персонал

№ скважин	Фамилия, имя рабочего	Квалификация	№ рабочих	Число часов работ			Примечание
				поденно	сдельно	итого	
1	2	3	4	5	6	7	8

РАПОРТ

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Старший мастер

Сменный мастер

НКТП
ГЛАВГЕОЛОГИЯ
. . . . . ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ТРЕСТ

ОБРАЗЕЦ № 2
. . . . . ПАРТИЯ

Рапорт № . . . .

Колонкового / Ударно-механ. бурения

СКВАЖИНА № . . . .

Смена от . . . . . до . . . . . час.
Глубина к началу смены . . . . . м
Глубина в конце смены . . . . . »
Пройдено за смену . . . . . мм
Диаметр бурения . . . . . мм

Полезное ископаемое . . . . . .
Способ бурения . . . . . .
Давление на коронку, кг . . . . . .
Число оборотов или ударов . . . . . .

	Замер инструмента			
	Длина снаряда	Общая длина штанг		Замер, м
		количество	м	
1	2	3	4	5
В начале смены				
В конце смены				

№ записи	Часов			Наименование работ	Пройдено, м			Давление на насосе, ат	Метраж	Удельный вес глинистого раствора	Вес бурового наконечника
	от	до	всего		от	до	всего				
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

ОБРАЗЕЦ № 2

(Оборотная сторона)

Описание пород

От метров	До метров	Всего метров	Наименование пород	Цвет породы	Степень твердости	Выход керна	Цвет мути
18	19	20	21	22	23	24	25

Спущено обсадных труб . . . . шт. . . . . м, диаметром . . . . . мм, от глубины . . . м до . . . м
Статический уровень воды от устья скважины . . . . . м
Расход: горючего . . . . . кг
смазочного . . . . . »
воды . . . . . л

Задолженный персонал

Фамилия, имя	Тариф, разряд	Специальность	Описание аварий и размер оставшегося инструмента
		Ст. мастер Ст. рабочий Мл. рабочий	Длина оставшегося инструмента . . . . . . Глубина нахождения инструмента . . . .

При сдаче скважин инструмент был . . . . . .
(на забое или на поверхности)
Наблюдались ли явления обвала, захвата и проч. . . . . .
Остаток керна в скважине . . . . . .
Состояние оборудования . . . . . .
Скважину сдал . . . . . Принял . . . . . .
Рапорт проверил ст. бурмастер . . . . . .

ОБРАЗЕЦ № 1

НКТП — СССР
ГЛАВГЕОЛОГИЯ
. . . ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ТРЕСТ
. . . . . партия № . . . .
. . . . . отряд

Полезное ископаемое . . . . . .

СКВАЖИНА № . . . .

Буровой журнал

Скважина начата . . . час. . . дня . . . . . месяца 193 . . г.
» законсервирована . . . час. . . дня . . . . . » 193 . . г.
» возобновлена . . . . . час. . . дня . . . . . » 193 . . г.
» закончена . . . . . час. . . дня . . . . . » 193 . . г.

Координаты
Начальное направление
Проектная глубина
Диаметры: начальный . . . .

Начальный наклон
Фактическая глубина
Конечный

Конструкция скважин

	Проектная	Фактическая

Станок (комплект)
Система
№ . . . . .

Двигатель
Система
№ . . . . .
Мощность

Насос
Система
№ . . . . .

Дата и смена	№ рапортов	Задолжено часов: Бурение (углубка)	Подсобные работы: Спуск и подъем	Подсобные работы: Чистка и промывка	Подсобные работы: Расширка	Подсобные работы: Крепление	Вспомогательные работы: Цементация и глинизация	Вспомогательные работы: Перевозка, стройка и разборка вышки	Вспомогательные работы: Прочие технические работы	Ликвидация аварий	Простои: Ремонты	Простои: Простои из-за отсутствия рабсилы	Простои: Нерабочее время	Простои: Простои от нехватки оборудования	Простои: Простои по разным причинам	Простои: Итого (12—16)	Итого работы и простоев (3—11)+17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Проходка, м: Диаметр мм	От	До	Итого	Выход керна, м	Наименование инструмента и № коронок	Крепление, м: Диаметр мм	От	До	Итого	Наименование и свойство пород	Твердость пород	Задолжено рабочих	Уровень воды: В начале смены	В конце смены	Расход материалов: Горючее, кг	Смазочное, кг	Алмазов, карат	Суррогатов, г	Дробь в кг, ее №
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38

Примечание. Графа 29 для удобства записи проходимых пород должна быть увеличена.

(Оборотная сторона бурового журнала)

Всего затрачено на работу по скважине № . . . смен

Измерение искривления скважины

№ по пор.	Число смен	Глубина, на которой производится измерение	Способ измерения	Направление	Наклон	Примечание

Распределение времени на отдельные операции

Название операций	Углубка	Подсобные работы				Вспомогательные работы		Прочие технические работы	Ликвидация аварий	Простои					Всего смен простоя 11—15	Всего смен работы и простоя (2—10)+16
	Чистое бурение	Спуск и подъемы при углубке	Чистка и промывка	Расширка	Крепление труб	Цементация и глинизация	Стройка и разборка вышки			Ремонты	Простои из-за отсутствия рабсилы	Нерабочее время	Простои, связанные с нехваткой оборудования	Простои по разным причинам		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Количество часов																
Процент																

Распределение пройденных пород по твердости

Мягкие	Сыпучие	Твердые	Весьма твердые	Итого

Расход материалов

	Наименование материалов	Общий расход	Расход на 1 пог. м		Наименование материалов	Общий расход	Расход на 1 пог. м
Истирающие	Суррогатов, кг			Смазочные, обтирочные и горючие	Нефти, кг		
	Дроби, кг				Бензина, кг		
	Алмазов, карат				Керосина, кг		
	Колонковых труб, м				Смазочные масла, кг		
	Зубчаток, штук				Тавота, кг		
	Дробовых коронок, штук				Обтирочных концов, кг		

Количество (пог. м и кг) оставленных в скважине обсадных труб, и их диаметр . . . . . .

. . . . . .

Рапорт

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Начальник партии Ст. мастер

Техрук

Буровой журнал

скважины № 1 профиль № 3

«Изыскания по постройке плотины у Г. М. на реке Н»

Начата 1 января 1932 г.
Окончена 6/II 1932 г.

Образец II
Отметка устья скважины
Отметка репера 150,72 м
Род репера цоколь Ю. В. угла школы

Год, месяц и число	№ п. п.	Пройденные породы (наименование породы и характеристика)	Водоносные слои: Глубина появления (в м)	Мощность (в м)	№ п. п.	Глубина появления вод (в м)	Мощность (в м)	Установившийся уровень воды (в м) от поверхности	Диаметр скважины (в м)	Наконечник	Закрепление трубами (в м) при диаметре мм	Проба воды: Порядковый номер из ст. 6	Проба воды: Номер бутыли	Время работ час. — мин.	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1932 1 янв.	1	Растительный слой	0	1					114	Ложка				12 ч. 15 м.	Буров. М. Семенов Б. В. и 4 рабоч.
	2	Суглинок мягкий	1	4						»					
	3	То же	2							»					
	4	Песок средний желто-бурый (сырой)	5	1,5						»				20 ч. 30 м.	Песок сырой воды нет
2 янв.	5	Глина красно-бурая	6,5	8											
	6	То же	9												
	7	То же	12												
	8	Песок желтый (водоносный) . . .	14,5	3	1	14,5	3	8	114	Желонка	15—114 мм вода солоноватая	1	1 и 2		
	9	То же	16												

Литература по разведочному бурению и бурению на питьевую и хозяйственную воду

1. Аничков А. А. Бурение на воду для питьевого и технич. водоснабжения, т. I, 1930.
2. Арсентьев А. В. Разведочное дело, 1931.
3. Барышев. Ручное ударно-вращательное бурение разведочных скважин, 1932.
4. Гефер Г. Справочная книга по горному делу.
5. Справочник разведчика, 1935 г.
6. Воздвиженский Б. И. Дробовое бурение, 1935 г.
7. Дерпгольц. Основы ручного бурения, 1934 г.
8. Долинино-Иванский В. В. Ручное штанговое бурение, 1927.
9. Единые нормы выработки и расценки на 1932 г. Ч. II, Гидротехнические речные работы.
10. Кайков М. С. Бурение на воду и устройство трубчатых колодцев, 1932.
11. Калинников А. В. Вращательное бурение, 1933.
12. Калинников А. В. Глубокое ударное бурение, 1931.
13. Калинников А. В. Мелкое бурение. 1930.
14. Ключанский. Алмазное бурение, 1933.
15. Колонковый бур Доббинса (перевод с англ.), 1931.
16. Крейтер. Дробовое бурение, 1931.
17. Кузьмин. Дробовое бурение, 1932.
18. Куличихин. Бурение на канате, 1933.
19. Мейер Г. Я. Материалы к методике буровых работ для целей водоснабжения, 1931.
20. Минеев А. О. Разведка золотых россыпей буром Эмпайр, 1929.
21. Мушиц В. Н. Новейшая техника бурения в Америке, 1931.
22. Николаев. Курс разведочного ударно-механического бурения. Ч. I, 1932.
23. Рязанов и Марков Н. П. Разведочное дело, 1929.
24. Свод производственных строительных норм Госплана СССР (Гидротехнические работы), 1931.
25. С.-х. энциклопедия. Т. I, 1932.
26. Слесарев. Экономика бурения, 1934.
27. Техническая энциклопедия. Т. III, 1927.
28. Турковский. Глубокое разведочное бурение, 1933.
29. Уткин. Курс глубокого и сверхглубокого вращательного бурений, 1933.
30. Шамшев. Курс разведочного бурения, 1933.
31. Schneider. Flachbohrtechnik, 1925.
32. Rot. Tiefbohrtechnik, 1925.
33. Ekelenzer. Bohr Hilfsbuch, 1922.
34. Seiner. Das Tiefbohrwesen, 1924.
35. Hons. Bansen Das Tiefbohrwesen, 1912.
36. Tiefbohrkalender, 1931.
37. Tecklenburg Tiefbohrkunde. Т. I, II, III, IV, V и VI, 1900—1915.

РАЗДЕЛ V

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ, ОРГАНИЗАЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДР. ИССЛЕДОВАНИЯ

ГЛАВА I

ИЗУЧЕНИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

§ 1. Изучение существующих оросительных систем

Изучение существующих ирригационных систем может быть выполняемо в соответствии с запросами нижеследующего порядка:

1) общие водохозяйственные исследования;

2) исследования для проектирования новых ирригационных систем с одновременной реконструкцией существующего ирригационного хозяйства;

3) исследование для целей рационализации эксплоатации ирригационных систем.

Ниже приводимые указания являются общими для отмеченных трех запросов исследовательской работы.

Работы по изучению водного хозяйства и водопользования заключаются в собирании необходимых сведений по перечням, приводимым ниже. Собирание сведений производится путем: а) отбора их в архивах системы или учреждения, которому система подчинена, б) путем обследования на месте, сопровождаемого, при отсутствии чертежей и записок, непосредственными измерениями, фотографированием и пр. на месте.

1. Общая схема расположения сооружения системы

Общая схема должна дать генеральный план системы, на котором показывается общая площадь, охваченная ирригационной системой с ее основной внутрихозяйственной экспликацией*, дается сеть, проводящая и постоянная распределительная, водосборная и дренажная сеть. На указанном плане системы наносятся в условной экспликации все постоянно действующие гидротехнические сооружения, которые обозначаются условной последовательной нумерацией. К плану прилагается техническое описание системы в виде сводных таблиц и ведомостей и других пояснений, касающихся общей, технической и хозяйственной характеристики системы. Помимо этого по каждому гидротехническому сооружению дается (см. ниже) отдельное техническое описание и характеристика.

Общая характеристика системы должна предусмотреть освещение следующих вопросов:

а) Природные условия данного района орошения: орография, климат, геология, гидрогеология, почва, растительность, гидрология.

* Границы совхозов и их отделений, границы МТС, колхозов и агропроизводственных участков, пути сообщения, виды связи (телефон, телеграф).

б) Мелиоративная характеристика системы, — мелиоративная оценка земельного фонда. Мелиоративные районы. Естественное дренирование. Засоление и заболачивание, их характер и динамика. Техника и нормативы орошения (способы полива, нормы, сроки и число поливов, гидромодуль, поливная струя и хозяйственный ток).

в) Водопользование: порядок пользования водой в системе, водораспределение и водооборот, показатели эффективности водопользования.

г) Агротехника и экономика. Динамика землепользования в связи с освоением системы и коэфициенты загрузки системы. Характеристика хозяйств, осваивавших прежде и осваивающих в настоящее время площадь командования ирригационной системы: совхозы, колхозы и единоличники. Различие между хозяйствами различных типов в севооборотах, агротехнике и поливной технике. Миграция площадей освоения по ирригационной системе (внутрихозяйственные изменения, забрасывание земель, прирезка новых земель, перенос хозяйств на новые земли). Показатели эффективности хозяйствования для различных типов хозяйств: затраты труда и капитала, урожайность по отдельным культурам за ряд лет, себестоимость, доходность.

д) Подсобные отрасли хозяйствования.

е) Общее потребление воды ирригационной системой; поливные кривые: кривая подачи и кривая потребления. Коэфициент полезного действия, его изменения в году и по годам, процент потерь на магистральном канале, распределителях, оросителях и на полях. Увязка режима источника орошения с потребностью в воде ирригационной системы. Режим источника орошения; расчетный расход и его поверка. Ирригационная карта. Общий водный баланс по системе. Общий экономический баланс на системе.

2. Гидротехнические сооружения

Гидротехнические сооружения получают освещение по двум основным направлениям:

а) со стороны общего технического описания (тип, конструкция, современное состояние сооружения, условия его работы, ухода за ним и пр.);

б) со стороны учета и контроля его работы в данных конкретных условиях, т. е. в основном к характеристике протекающего через него водного потока в связи с работой отдельного сооружения и его частей.

Изучение отдельных сооружений ведется согласно перечню, приводимому ниже по объектам.

а) **Водохранилища**. План в горизонталях. Таблица и график площадей. Таблица и график объемов. Отметки характерных горизонтов воды. Площадь водосбора. Геологические условия. Условия питания водохранилища. Заиление водохранилища. Тип плотины. Основные размеры. Противофильтрационные устройства. Дренаж. Продольные, поперечные профили, план и конструктивные детали устройства плотины. Характерные отметки плотины. Водослив, максимальная пропускная способность, его конструкция, тип, материал, характерные размеры. Водоспускные приспособления, тип, конструкция, характерные детали, размеры, пропускная способность. Укрепления откосов, тип, материал. Гребень плотины, его размеры. Дороги по гребню плотины, тип, основные размеры. Общее состояние водохранилища. Строительная стоимость плотины с водосливом и водоспуском. Год постройки. Укрупненные измерители стоимости по постройке плотины. Ежегодные эксплоатационные мероприятия и их стоимость.

б) **Головные сооружения и регуляторы**. Для общего технического описания даются следующие сведения:

Местоположение. План места в горизонталях. Год постройки сооружения. Год сдачи и приемки в эксплоатацию. Проектная пропускная способность, суммарная и по отдельным выпускам. Тип, конструкция, детали, характерные размеры. Материал. Характерные отметки. Крепления в верхнем и нижнем бьефе, их характер и размеры; состояние русел в районе влияния на них работы сооружения. Имеющиеся подмывы и разрушения, время их возникновения, характер, общая динамика и причины разрушения; применявшиеся мероприятия по их локализации и полученные результаты. Основание под сооружением. Грунты, фильтрация в районе сооружения. Дамбы, насыпи и резервы у сооружения, их состояние, работа, повреждения, мероприятия по восстановлению и укреплению.

Отложения наносов, их характер, количество, место и время отложений; накопления плавающих предметов (камыш, трава и пр.). Очистка сооружения от наносов, камыша и пр. Работа сооружения в зимнее время. Исправность работы подъемных механизмов, щитов и шандор. Техническое обслуживание, связь с основными узлами ирригационной системы. Охрана сооружения. Бывшие аварии и крупные повреждения сооружения, причины и принимавшиеся предупредительные мероприятия.

Беглый, текущий и капитальный ремонт. Их ежегодная стоимость. Общий размер ежегодных эксплоатационных расходов по сооружению.

Приведенные выше сведения об общем техническом описании для головных сооружений и регуляторов в своей преобладающей части могут быть распространены и на ниже описываемые сооружения: преграждающие, перепады, быстротоки и дюкера. По этим соображениям, чтобы не повторяться, технических общих описаний у последних сооружений мы не приводим, ограничиваясь ниже лишь описанием исследований работы сооружений и потоков, в силу большей специализации последних исследований.

Работа сооружения и водного потока. Исследования работы сооружения и водного потока в основном имеют своей задачей поверку гидравлического расчета, положенного в основу его при проектировании, и получение более точных материалов для проектирования новых, аналогичных сооружений или на базе полученного материала установление должных технических мероприятий, обеспечивающих более нормальную работу существующих или аналогичных сооружений. Нижеприводимые основные установки в полной степени будут применимы и для сооружений при водохранилищах (водослив и водоспуск, см. п. «а»).

Исследовательская работа должна обеспечить получение вполне надежного в смысле точности и проверенного материала. Для этой цели исследования проводятся, как правило, при нормальных, минимальных и максимальных условиях работы потока и сооружения. Повторность каждого измерения устанавливается как минимум три, а если получены существенные отклонения, то следует провести дополнительные измерения. Соответствующие исследования должны вестись с одинаковой степенью точности. Все, что может быть вычислено в полевой обстановке, должно быть произведено на месте наблюдений для возможности немедленного устранения допущенных погрешностей. Приводимые выше установки являются общими для всех видов сооружений в части исследования работы сооружений и потока. Сущность самой работы заключается в изучении следующих моментов:

1. Протекание основного потока в условиях неравномерного движения, вызванного частичным забором воды через данное сооружение:

а) изменение горизонтов воды потока в районе влияния на него работы сооружения;

б) влияние сооружения на направление и распределение скоростей потока;

в) коэфициенты расхода сооружения при работе всех его пролетов и для отдельных из них;

г) установление степени влияния работы сооружения на устойчивость русла основного потока;

д) характер и режим взвешенных и донных наносов и отложения их в сооружении и около сооружения.

2. Поверка расчетных горизонтов основного потока на такой длине его русла, на которой сказывается влияние сооружения; в связи с этим вопросом проводятся следующие определения:

а) средний уклон дна основного русла, питающего сооружение, и среднее живое сечение русла;

б) расходы потока и сооружения;

в) коэфициенты шероховатости русла потока;

г) нормальные уклоны поверхности потока при установившемся движении потока и уклонов сооружения.

3. Характер потока в сооружении и в нижнем бьефе на участке неустановившегося течения; в связи с этим вопросом проводятся следующие определения:

а) продольные уклоны по пролетам регулятора и горизонты воды в нижнем бьефе;

б) характер прыжков;

в) характер растекания струй, наличие водоворотов и обратных течений.

4. Исследование фильтрации в районе сооружения:

а) определение наличия и положения фильтрационных вод;

б) определение характера фильтрации, скорости и количества фильтрационных вод;

в) определение коэфициента фильтрации с одновременной характеристикой свойств грунтов.

В соответствии с изложенным выполнению подлежат нижеследующие работы:

а) Геодезические работы по съемке участков основного русла потока и нижнего бьефа, с нанесением на план исследуемого сооружения.

Геодезические работы выполняются в соответствии с данными раздела II «Справочника». Повторные съемки выполняются для изучения размывов или отложений в зоне заснятого плана, участка и сооружения. Полные же повторные съемки по всему участку обусловливаются специальными заданиями и производятся при особой неустойчивости русла; в этом последнем случае съемки обычно приурочиваются, как и другие обследовательские работы по режиму сооружения, к следующим моментам: в межень, во время паводка и после спада паводка, а также иногда при средних расходах воды.

При геодезических съемках масштаб берется достаточно крупный; обычно выбирается такой, чтобы на плане ширина потока получилась не меньше 5 см. Масштаб для чертежей сооружений принимается в зависимости от размера ширины отверстия сооружений, а именно:

при ширине отверстия	до 3 м	1:50,
» » »	» 10 »	1:100,
» » »	больше 10 »	1/100 до 1/200.

б) Гидрометрические работы ведутся согласно разделу III «Справочника». Водовороты, обратные течения, растекание струй обычно как на основном потоке, так и на нижнем бьефе изучаются посредством поплавковых наблюдений. Расходы наносов определяются при средних рас-

ходах сооружения и при трех расходах потока (межень, паводок, после паводка).

Определение коэфициентов расхода регулятора выполняется при полном открытии регулятора (щиты, шандоры), при максимальном, среднем и минимальном расходах.

Исследования фильтрационного потока в районе сооружения должны дать общий характер фильтрационного режима, а также распределение давления фильтрующейся воды на флютбет как при свободном, так и подпорном состоянии потока в сооружении. Для этой цели выполняются следующие основные работы*: бурение скважин и закладка шурфов, с одновременным взятием образцов грунта, фиксирование стояния горизонтов и температуры фильтрационных вод в скважинах и шурфах и одновременно соответственно— горизонтов воды потока, протекающего через сооружение; последние наблюдения проводятся при различных условиях работы потока — в условиях различной величины напора и разных расходах при свободном протекании потока.

Объем исследований по изучению режима сооружений и потока не может быть установлен в общем случае, его приходится конкретизировать в соответствии с местными условиями сооружения и задачами исследований. Изучение режима делается обычно для технического проекта и то не всегда, причем детальность исследований самая разнообразная.

в) **Перегораживающие сооружения**. Исследования перегораживающих сооружений аналогичны исследованиям головных узлов. Они могут иметь своей задачей дать следующее:

а) установление фактического предела распространения кривых подпора и спада;

б) определение происшедших изменений величин скоростей по отдельным сечениям потока в пределах подпертого участка;

в) установление характера изменения в режиме движения и распределения наносов при переходе потока к неравномерному движению, заиление бьефов и отложение соответствующих фракций наносов;

г) установление условий движения наносов в верхнем и нижнем бьефах;

д) установление влияния открытия отверстий сооружения на степень промывки бьефов;

е) установление остальных гидравлических изменений и явлений, которы обусловлены наличием перегораживающего сооружения;

ж) установление характера фильтрации воды в районе перегораживающего сооружения;

з) установление некоторых эксплоатационно-технических ухудшений, причиняемых существующим перегораживающим сооружением, для возможности их устранения.

В связи с отмеченными вопросами в этом случае требуется выполнение нижеследующих основных работ:

а) геодезическая съемка участка исследований и обмер с натуры самого сооружения (если отсутствуют материалы исполнительного проекта);

б) нивелировка продольного профиля потока;

в) определение живых сечений, скоростей, их направления и расходов воды;

г) определение расходов наносов, установление динамики отложения наносов (и размывов) и определение механического их состава;

д) заложение шурфов и скважин со взятием образцов грунта;

е) гидрологические наблюдения по скважинам и шурфам.

* Для изучения фильтрационных явлений необходимы пьезометрические трубки под сооружением, но таковые закладываются лишь при постройке сооружения и пока лишь на крупных сооружениях.

Поперечники при съемке участков располагаются вблизи сооружения на расстоянии половины ширины его отверстия. Таких поперечников вверх и вниз от сооружения разбивается 3—4, а на остальных участках потока поперечники разбиваются обычно через 100 м, при широких потоках до 200 м. Как и в предыдущем случае, повторные съемки производятся преимущественно частично в участках местного нарушения первоначальной ситуации, например отложения донных наносов, размывы и пр.

г) **Быстротоки и перепады**. Задачами изучения сооружений, сопрягающих бьефы, являются:

1) исследование форм свободной поверхности потока в быстротоках, а у перепадов — в колодцах;

2) исследование работы отдельных частей сооружений:

а) входные части — коэфициент расхода, вытекание из-под щита;

б) колодцев и гребней перепадов;

в) исследование затопления прыжка и затапливающих прыжок устройств (зубья, стойки, колонны и пр.);

г) исследования максимальных скоростей течения и влияния их на сооружения;

д) исследование фильтрационного потока в районе сооружения.

Подобно предыдущему производится геодезическая съемка участка исследований и обмер сооружения в натуре, в результате чего составляют план в горизонталях и чертежи сооружения. Верхней границей снимаемого на план участка является 4—5-кратная ширина потока; нижняя граница определяется в натуре границей установления равномерного движения.

Основные принципы работы в общем аналогичны предыдущему. Конструктивные особенности индивидуальных сооружений соответственно потребуют приспособления общих установок, принятых в работе, применительно к каждому отдельному случаю (например при консольных перепадах для уяснения динамики размыва воронок гашения энергии потребуются промеры и вычерчивание горизонталей размыва через 0,10—0,25 м).

д) **Акведуки**. При исследовании акведуков основными вопросами, требующими освещения (помимо основных размеров и конструкции), будут:

1) уяснение фактической картины движения потока во входной части, в самом сооружении и в выходной части акведука (поверхности воды и потери напора);

2) определение коэфициента шероховатости;

3) исследование фильтрационного потока в районе сооружения, в частности в месте сопряжения сооружения с каналом.

Исследования ведутся при трех характерных расходах: максимальном, среднем и минимальном. Перечень основных работ в этом случае сводится к следующему:

1) нивелировка поверхности воды на исследуемом участке;

2) определение расхода воды через акведук;

3) изучение фильтрации и горизонтов воды в районе сооружения.

При геодезической съемке плана участка исследований сооружения поперечники разбиваются на участках канала выше и ниже сооружения — на взаимных расстояниях, равных ширине потока, во входной и выходной частях акведука — через 2—3 м, между входными и выходными частями, по середине через 5 — 10 м.

е) **Дюкера**. При исследовании акведуков основными вопросами, требующими своего освещения, являются следующие:

1) вид свободной поверхности во входной и выходной частях сооружения;

2) определение падения напора при протекании воды через сооружение;

3) определение коэфициента расхода сооружения;

4) изучение движения и отложения наносов в сооружении;
5) изучение фильтрации воды в районе сооружения.

Объем необходимых работ аналогичен п. «д».

Общие сведения о дюкерах должны предусматривать сбор нижеследующих данных.

Конструктивное описание сооружения, вид материала тела сооружения, входа и выхода; укрепление входной и выходной части, шпунтовые ряды или другие особенности конструкции для противофильтрационных целей. Все описания сопровождаются чертежами, на которых проставлены фактические размеры, полученные с натуры. Одновременно с этим требуется представление данных о канале выше и ниже сооружения (см. п. «з»).

ж) **Ирригационные каналы.** При исследовании ирригационных каналов отмечается название канала или проставляется его условный шифр и даются сведения об общем расположении по отношению к рельефу и системе в целом. Для характеристики трассы канала должен быть получен продольный профиль и схематический план канала. По длине трассы канала составляется геологический профиль и фиксируются почвогрунты. Кроме продольного профиля даются поперечные сечения и гидравлические элементы канала по пикетам. На профиле наносится километраж и пикеты, причем последние разбиваются через 100 м, и кроме того даются в местах характерных изгибов продольного профиля еще промежуточные точки. На профиле даются: отметки дна канала, отметки горизонта воды при нормальном и форсированном расходах, отметки дамб, расстояние и уклоны и кроме того в условных обозначениях существующие гидротехнические сооружения, например поперечные преграждения, акведуки, шлюзы-регуляторы и пр.

Общее описание каналов включает в себя также год постройки канала и сдачи его в эксплоатацию, характеристику переустройств канала до момента обследования, репера, их отметки, состояние с привязкой к продольному профилю и плану канала.

По отдельным участкам на всей длине канала дается описание состояния откосов, берм, дна и дамб, зарастания его сорной растительностью. Отмечаются: повреждения и осложнения, причиняемые каналу поверхностным стоком, размывы, занесение канала горным мусором и другими продуктами размыва поверхности водосбора; применяемые мероприятия и их эффект.

Заиление канала, характер наносов, их распределение по профилю канала (кубатура наносов, время и число чисток в году при эксплоатации канала). Количество наносов (в куб. метрах), приходящееся на 1 км канала и на 1 га орошаемой площади; стоимость очистки канала на 1 км канала и на 1 га орошаемой площади. Техника и организация работ при чистке каналов.

Древонасаждения и ограждения вдоль канала, их состояние, расположение, стоимость и эксплоатационное значение. Укрепление откосов и дна каналов с целью уменьшения фильтрации, борьбы с плывунами и размывами; техническая эффективность этих мероприятий, первоначальная стоимость и ежегодная эксплоатационная стоимость. Мосты через каналы, их краткое техническое описание; переезды и переходы и прогон скота через канал и степень повреждения канала. Пути сообщения вдоль канала, их техническое описание, повреждения канала в связи с этим. Телефон.

Прорывы дамб канала, последствия, стоимость произведенных исправлений. Использование канала для целей с.-х. водоснабжения, потребный для этого расход и его изменения в течение года, специальные приспособления для целей водозабора, для нужд с.-х. водоснабжения, эксплоатационная и экономическая характеристика канала как источника с.-х. обводнения.

Гидросиловые установки на канале: общее расположение, время постройки и сдачи их в эксплоатацию, техническое описание, напоры, расходы, мощность, потребление энергии: нагрузка, резервы, стоимость 1 киловатта; линии передачи, подстанции; эксплоатационные показатели, потребители электрической энергии.

Общая площадь командования канала, фактически орошаемая площадь из данного канала и ее колебания по годам. Совхозы и колхозы, обслуживаемые данным каналом. Зимний режим работы и эксплоатации канала.

Колебания горизонтов и скоростей, колебание расхода воды на канале. Процент потерь воды на 1 км канала. Коэфициент шероховатости и его изменения в году. Годовой режим канала для целей ирригационных и обводнительных; сводная кривая расхода подачи в голове канала. Кривая твердого расхода канала. Намечаемые технические и эксплоатационные мероприятия по улучшению работы и службы канала.

з) **Водосборная и сбросная сеть на ирригационной системе.** Подобно ирригационной сети при исследовании водосборной и сбросной сети на системе отмечается ее общее расположение, название, шифр, продольный и поперечные профили, гидравлические элементы и плановое расположение сети. В этом отношении мало чем существенным отличается описание этой последней сети от ирригационной. В общем описании отмечается также время постройки сети и сдачи в эксплоатацию и условия, в которых протекает эксплоатация: заиление каналов, очистка сети, обслуживаемая площадь каждым каналом, общий расход и его колебание в течение года. Сопоставление проектного расхода и сечения канала с фактическим режимом работы канала.

Качество сбросных вод и их повторное использование и согласованность с режимом работы водосборной сети. Работа сети при промывках засоленных земель. Рассолоняющая деятельность водосборной и сбросной сети. Сопоставление работы сети с режимом грунтовых вод на ирригационной системе.

Эксплоатационные показатели по работе водосборной и сбросной сети каналов: протяженность сети на 1 га, количество земляных работ по ежегодной очистке сети на 1 га и стоимость эксплоатации водосборной и сбросной сети на 1 га, расход сбросных вод, приходящийся на 1 га.

и) **Перспективы развития ирригационной системы** определяются, с одной стороны, теми реальными возможностями, которыми она располагает, и условиями, в которых она находится, и, с другой стороны, теми перспективами народнохозяйственного порядка, которые в данном районе намечаются. Имеющиеся возможности определяются наличием и степенью водообеспеченности и кроме того размерами и качеством земельного фонда, который может быть использован для целей ирригации.

Произведенные исследования на существующей и ирригационной системе позволяют учесть следующие положения:

а) в какой степени использованы для целей ирригации имеющиеся возможности по сравнению с наличием водно-земельных ресурсов и экономических факторов;

б) в каком направлении и охвате может быть построена общая перспектива развития ирригации;

в) какое место в намеченной перспективе развития ирригации может занять данная ирригационная система и в каких реконструктивных мероприятиях она нуждается (проект реконструкции существующей ирригационной системы).

Естественно, что перспективы развития ирригации, как и всего мелиоративного дела в целом, не могут строиться лишь на изолированном постро-

ении и оценке только с точки зрения интересов мелиорации. Поэтому в основу таких построений должна быть положена комплексная оценка всех природных и экономических факторов применительно к перспективам общих народнохозяйственных запросов.

§. 2. Изучение существующих осушительных систем

1. Общее описание осушительной системы

Изучение осушительных, так же как и оросительных, систем может преследовать три цели:

1) получение данных для общих водохозяйственных исследований;

2) исследования для проектирования новых осушительных систем с одновременной реконструкцией или восстановлением существующих осушительных путей и использованием имеющихся сооружений;

3) исследования для целей рационализации эксплоатации существующих осушительных систем.

О б щ а я с х е м а расположения систем иллюстрируется генеральным планом системы, на котором наносится общая площадь осушения, сеть каналов, водоприемники, связанные с заболоченной системой реки. Генеральный план дополняется прилагаемым к нему техническим описанием системы. Общая характеристика системы включает в себя сведения об орографии, климатических условиях, геологических, гидрогеологических и гидрологических условиях и сведения об использовании осушенных массивов для с.-х. целей и торфодобывания. При сопряжении указанных двух целей с регулированием заболоченных рек и пойм, освещению подлежат вопросы лесосплава, улучшения путей сообщения как водных, так и имеющих с ними непосредственную связь сухопутных, а также улучшение санитарных условий в заболоченных районах.

При описании природных условий осушенных массивов отмечаются причины заболачивания (поверхностные воды, грунтовые воды или обе причины, действующие вместе), общие условия заболачивания, стадия заболачивания и существующие виды болот в обследуемом массиве; делается привязка фактической картины заболачивания к топографическим, гидрологическим и другим условиям. Заболоченные и осушенные земли получают оценку со стороны их физических, химических свойств, а также с точки зрения их производственной ценности. В остальном общее описание аналогично таковому, приведенному для ирригационной системы (§ 1).

Для характеристики работы осушительной системы строится сводный г р а ф и к в о д о о т д а ч и о с у ш и т е л ь н о й с и с т е м ы. Для этой цели предварительно выполняется вспомогательная работа, заключающаяся в построении ряда графиков:

1) суточного количества выпадающих за вегетационный период атмосферных осадков,

2) колебания уровня грунтовых вод,

3) изменения норм осушения с.-х. культур системы за вегетационный период,

4) распределения с.-х. культур по системе.

Кроме указанного сводного графика водоотдачи осушительной системы, в последующем описании целесообразно таковые графики построить хотя бы для основных коллекторов.

2. Регулирующая часть осушительной системы

При описании регулирующей части осушительной системы даются сведения о характере депрессионных поверхностей грунтовых вод и их режиме, угле депрессии, количестве поступающей воды в каналы регулирующей сети и его изменении в течение года, модуле внутреннего стока и сведения о величине и режиме вод поверхностного стока. Естественно, что удельный вес указанных данных, получаемых преимущественно на основе стационарного изучения, определится продолжительностью и точностью произведенных исследований. При рассмотрении вопроса о расположении регулирующей сети отмечается степень надежности ее размещения в отношении обеспечения перехватывания как вод грунтовых, так и вод поверхностного стока по отношению к использованию существующих орографических условий. Особое значение для проверки действия сети имеет фиксирование существующих расстояний между регулирующими каналами и глубины канав, увязанное с характеристикой физических свойств почвогрунтов осушительной системы, существующими гидрологическими условиями и целями осушения. Весьма показательным будет сопоставление примененных расстояний между каналами и их глубины с полученной урожайностью с.-х. продукции.

При описании регулирующих элементов открытой дренажной сети отмечается следующее: пропускная способность каналов и ее изменение в течение года (максимальный, средний и минимальный расходы), уклоны каналов, ширина по дну, ширина по верху, величина коэфициента откосов, глубина каналов и мощность «бузы», скорости (максимальная, средняя и минимальная). Одновременно отмечается состояние каналов и эксплоатация: заиление, заплывание каналов, зарастание каналов, размывы дна и откосов, другие повреждения и общее состояние откосов, характеризуя последние как: а) хорошо сохранившиеся, б) изменившиеся, но заросшие, в) разрушающиеся, г) обрушившиеся; то же отмечается в отношении креплений каналов. Очистка каналов. Стоимость эксплоатационных затрат на 1 га, количество земляных работ, приходящихся на 1 га. Техника и организация очистки и содержания сети.

При описании регулирующих элементов открытой дренажной сети устанавливается тип примененного дренажа (каменный, деревянный, гончарный и пр.), размеры, характер, уклоны, скорости и расходы пропускных сечений. Неисправности работы закрытого дренажа и их устранение. Стоимость эксплоатационных расходов на 1 га. Техника и организация очистки и содержания дренажных линий.

3. Проводящая часть осушительной системы

При описании проводящей части осушительной системы устанавливается расположение проводящей сети в плановом и высотном отношениях (дается общий план осушенной территории в горизонталях, на котором наносится сеть; высотное отношение дополняется продольными профилями каналов). Далее, величина водосборной площади и ее характеристика, фактический модуль стока и соотношение его с определяющими факторами (рельеф, уклон, состояние поверхности и форма водосбора, осадки, свойства почвы и пр.). Расчетный модуль стока и его соответствие фактическому модулю.

Наличие нагорных или ловчих канав, их состояние, длины, сечения, уклоны и эффективность работы.

Сечения каналов проводящей сети и гидравлические их элементы: ширина по дну, коэфициенты откосов, уклоны, предельные скорости, размывание и заиление, ширина, глубина каналов, ширина берм; кавальеры, их высота, откосы и ширина банкетов; воронки, их размеры и взаимное расстояние.

Укрепление дна и откосов каналов при пересечении плывунов, техническое описание и характеристика.

Стоимость очистки и ремонта каналов проводящей сети на 1 км канала и на 1 га осушаемой площади при ручной и механизированной работе.

Общая стоимость эксплоатации каналов проводящей сети на 1 км длины канала. Степень канализации и ее динамика по системе. Насколько удовлетворяется сетью проводящих каналов требование о неподтоплении регулирующей сети.

4. Сооружения на осушительных каналах

Перечень основных вопросов должен включать в себя:

а) **Мосты.** Тип. Конструкция. Род материала. Год постройки и сдачи в эксплоатацию. Размер отверстия моста и число пролетов. Ширина моста. Расчетная нагрузка. Высота моста над самым высоким горизонтом в канале. Въезды на мост. Состояние моста. Характер и стоимость ежегодного ремонта. Поперечное сечение канала под мостом и его расход максимум. Характерные отметки.

б) **Трубы.** Тип. Конструкция. Род материала. Год постройки и сдачи в эксплоатацию. Размер пропускного сечения. Расчетный и фактический расходы. Размеры отдельных частей трубы. Состояние трубы. Строительная стоимость. Характер и стоимость ежегодного ремонта. Поперечное сечение канала. Характерные отметки.

в) **Шлюзы.** Тип. Конструкция. Род материала. Год постройки и сдачи в эксплоатацию. Щиты, материал, подъемные приспособления. Укрепление входной и выходной частей. Размеры отдельных частей. Общее состояние шлюза. Расчетный и фактический расходы. Размеры канала и его расход. Характерные горизонты стояния воды. Строительная стоимость. Размеры и характер ежегодных ремонтных расходов.

г) **Перепады и быстротоки.** Тип. Конструкция. Род материала. Год постройки и сдачи в эксплоатацию. Основные и конструктивные размеры. Расчетный и фактический расходы. Размеры канала выше и ниже сооружения. Укрепление входной и выходной частей. Характерные отметки воды и сооружения. Общее состояние сооружения. Строительная стоимость. Размер и характер ежегодных эксплоатационных расходов.

д) **Дороги.** Указать на плане осушительной системы существующую дорожную сеть с подразделением ее на полевые дороги, внутрихозяйственные и внешние дороги. Установить увязку в расположении дорожной и осушительной сетей. Продольные уклоны дорог. Характерные поперечные сечения дорог. Уяснить, в какой степени существующая дорожная сеть удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям хозяйства и общегосударственных потребностей. Характерные особенности существующих дорог на зыбких болотах и неустойчивых грунтах. Грузооборот. Общее состояние существующих дорог. Строительная стоимость. Размер расходов по ремонту и содержанию дорог на 1 км дороги и на 1 га осушаемой площади. Удельная длина различных типов дорог системы, приходящаяся на 1 га осушаемой площади.

е) **Необходимые данные** по всем сооружениям должны быть получены или из проектов и архивных материалов или путем обмеров на месте.

5. Перспективы развития осушительной системы

Как и для всякого вида мелиоративных мероприятий, перспектива развития осушительной системы может быть определена лишь при комплексном водохозяйственном перспективном планировании. Отправные принципиальные установки последнего затронуты при рассмотрении вопросов изучения оросительных систем (§ 1).

§ 3. Изучение существующего с.-х. водоснабжения

Изучение существующего водоснабжения на определенной территории имеет назначением дать необходимые материалы для составления общей схемы водоснабжения территории в целях наиболее рационального использования и распределения имеющихся водных ресурсов между водопотребителями, учитывая как существующий их контингент, так и тот, который намечается при развитии народного хозяйства на данной территории.

Работа по изучению водоснабжения подразделяется на следующие этапы:

1. Сбор, изучение и систематизация литературных источников и неопубликованных материалов, имеющихся в центральных организациях и учреждениях, для составления по ним предварительных естественно-исторических характеристик, освещающих подлежащую изучению территорию и облегчающих составление программ полевых исследований и построение рабочих планов этих исследований.

2. Сбор, изучение и систематизация материалов, находящихся в местных республиканских, краевых, областных и районных организациях и учреждениях, служащих как дополнением данных, указанных в п. 1, так и касающихся организационных, статистико-экономических вопросов, плановых предположений развития различных отраслей хозяйства, сведений о местных строительных материалах, дорожной сети, о заболеваемости населения и животных в связи с водопользованием.

3. Непосредственное изучение водоснабжения населенных пунктов и предприятий, расположенных на территории, с соответствующим описанием состояния водоснабжения и заключениями о необходимых мероприятиях по его рационализации.

4. Составление, на основе обработки собранных и полученных при обследовании материалов, отчета с выводами о необходимых мероприятиях для реконструкции водоснабжения и для составления общей схемы водоснабжения.

1. Составление предварительной естественно-исторической характеристики территории

Для составления предварительной (п. 1) естественно-исторической характеристики, намеченной для изучения территории, собираются материалы по разделам:

а) **Общие сведения:** величина территории, административное деление, размещение административных районов по отношению к бассейнам рек и железнодорожным, шоссейным и водным путям, площади занимаемые районами, число населенных пунктов в каждом — городских, промышленных и сельских, общая численность населения каждого района с подразделением на городское, население промышленных пунктов и сельское население. Плотность сельского населения, национальный состав, основные направления промышленности и сельского хозяйства, количество колхозов и совхозов по районам.

Приложение: административная карта территории с дорожной сетью.

б) **Геоморфологическая характеристика** типичных в ландшафтном отношении участков территорий, размеры превышений водоразделов над речными долинами, наибольшие уклоны, почвенный покров, растительность.

в) **Характеристика геологического строения**, с геологической картой и геологическими профилями.

г) **Характеристика подземных вод** — ненапорных и напорных — в отношении: глубин залегания водоносных пород, их состава, мощности, уровней воды, режима, дебита, качества (по химическим и бактериологическим признакам), с гидрогеологической картой (выкопировка) и разрезами буровых скважин и их описаниями.

д) **Гидрографическая характеристика.** Густота речной сети, описание рек по бассейнам — протяжение их, уклоны, ширина, глубина, характер питания, режим, расходы воды, годовой модуль стока, качество воды (химизм и бактериология), продолжительность ледостава, толщина льда, промерзание, донный лед, судоходство, сплав, строение долины, берегов, дна, искусственные сооружения. Каналы судоходные, обводнительные, расположение, длина, размеры поперечных сечений, расходы воды, качество воды по химическому и бактериологическому составам. Перерывы действия, их чистота и продолжительность.

Озера — размещение, происхождение, размеры, глубина, режим, качество воды по химическим и бактериологическим анализам, промерзание, строение берегов дна.

Болота — их происхождение, размещение, величина.

К п. «д» прикладывается гидрографическая карта территории с нанесением на ней и сети каналов.

е) **Климатическая характеристика.** Температуры воздуха, среднемесячные и среднегодовые, максимальные, минимальные, абсолютные. Продолжительность безморозного периода. Температура почвы на различных глубинах по месяцам. Максимальная глубина промерзания. Наличие постоянной мерзлоты и ее характеристика.

Осадки — средние, наибольшие и наименьшие по месяцам, сезонам и за год. Число дней с осадками — среднее, наибольшее и наименьшее. Суточные максимумы жидких осадков. Продолжительность бездождных периодов. Число дождливых дней. Распределение осадков на твердые и жидкие. Число дней с снеговым покровом. Длительность периода снеготаяния. Толщина снегового покрова.

Относительная влажность воздуха — средняя и абсолютная минимальная по месяцам и за год. Испаряемость — средняя и наибольшая по месяцам и за год. Ветер — распределение по направлениям и величинам скоростей — средним, наибольшим и наименьшим, по месяцам и за год. Продолжительность безветренных периодов по месяцам — в среднем и наибольшая.

Приложение: карта с нанесенными на ней метстанциями. Список последних с основными показателями: высотные отметки, координаты, разряды.

ж) **Краткие сведения** о водоснабжении городских, промышленных и сельских населенных пунктов.

2. Сбор дополнительных данных в местных организациях

В местных организациях (п. 2) собираются сведения (по районам):

а) О промышленных предприятиях, их видах, размещении, мощности, удельном весе в экономике района, динамике развития на 5 и 10 ближайших лет. Сведения о посевных площадях под различными культурами, перспективы их расширения на те же ближайшие годы. Количество МТС и МТМ, их размещение и намечаемое развитие. Животноводство — специализация, количество животных различных видов, перспективы развития. Совхозные хозяйства, их направление, размещение и перспективы развития. Количество колхозных ферм, их виды и перспективы развития по колхозам. Коммунальные и культурно-бытовые учреждения (школы, клубы, бани, прачечные, столовые, больницы, пожарные службы и пр.), их размещение и перспективы развития по населенным пунктам.

б) Сведения о строительных материалах и их стоимости: местных (лес, камень, глина, песок, гравий и пр.), искусственных, освоенных местной промышленностью (цемент, кирпич, лесо-пиломатериалы и пр.). Спецификация привозных строительных материалов, транспортные расходы, условия доставки.

в) Сведения о стоимости рабсилы (колодезники, слесаря, бетонщики, плотники и пр.).

г) Сведения о дорожной сети: длина каждого вида дороги (железной, шоссейной, улучшенной грунтовой), их направления и пункты ими связываемые, переправы; общее состояние дорог по временам года.

д) Сведения о ходе заболеваемости и смертности населения и животных в связи с водопользованием (за последние 5 лет), установление наиболее поражаемых в этом отношении районов и населенных пунктов.

3. Непосредственное изучение водоснабжения

(сплошное или выборочное)

При непосредственном изучении водоснабжения (п. 3) населенных пунктов собираются данные и заполняются анкеты:

а) общая по каждому обследованному населенному пункту и

б) по источникам водопользования и водоснабжающим сооружениям.

После изучения каждого населенного пункта на месте, составляется заключение с намечанием (предварительным) мер по реконструкции водоснабжения пункта и составляется письменное заключение, передаваемое местным советским органам, о состоянии их источников водопользования и необходимых срочных мероприятиях по упорядочению существующего водопользования и водоисточников.

В общую анкету по населенному пункту заносятся сведения: название района и сельсовета, дата обследования, название обследовавшей организации и фамилия обследователя, название пункта (при изменении названия пункта против помещенного на карте — на последней делается исправление; при пропуске на карте обследуемого пункта — он наносится на ней). Название колхоза или совхоза. Направление и расстояние пункта от районного центра и ближайшей железнодорожной станции или пристани. Бассейн реки. Местоположение — на водоразделе, на террасе, в долине реки, в низине. Расстояние от реки, озера, болота. Отметки относительно уровня моря (по возможности) и реки. Общая, находящаяся в пользовании населенного пункта, площадь с.-х. угодий, в том числе: пашни, сенокоса, огородов, выгона, леса, кустарника, неудобных земель, болот и пр.

Направление хозяйства (полеводство, животноводство). Количество дворов. Сколько построек 2—3- и выше этажных. Общее количество постоянного населения в пункте. Количество сезонного населения. Число лошадей (взрослых). Число молодняка до 2 лет. Число крупного рогатого скота (взрослого). Число молодняка до 2 лет. Число мелкого скота (овец и коз). Число свиноматок с поросятами, откормочных свиней, подсвинков 6-мес. и поросят 3—4 мес. Число товарных ферм — (каких) и число голов в каждой.

Число тракторов по типам, число автомашин, число других машин, потребляющих воду (локомобилей в л. с. и т. д.). Наличие промпредприятий — название, ведомство, производство, количество занятых рабочих, служащих и общее число населения на промпредприятии. Годовое количество выпускаемой продукции. Потребное для производства суточное количество воды. Удаление сточных вод от производства; характер сточных вод и их водоприемники.

Число школ и число учащихся. Число больниц и число коек в них. Число амбулаторий и среднесуточное число посетителей. Число общественных бань и их суточная пропускная способность. Число столовых и их пропускная способность. Число детсадов и количество детей в них. Число клубов и среднее число посетителей. Число театров и число мест в них. Число, название и потребность воды других не поименованных выше учреждений. Число гектаров поливаемых огородов и каких культур.

Направление и расстояние от пункта: разработок строительных материалов (каких), лесоразработок (каких) и пр.

Общий характер подпочвы селения.

Откуда населенный пункт пользуется водой: для питья, водопоя скота, хозяйственных целей, технических целей, противопожарных надобностей, в летнее время и зимнее. Откуда пользуется водой при работах в поле — для рабочих станов, для тракторов. Откуда производится водопой на выпасах.

Заболеваемость в связи с водопользованием (название болезней).

После обследования источников водопользования пункта, анкета дополняется следующими сведениями: наличие водопровода, число шахтных колодцев в пункте, число трубчатых колодцев, число родников, рек озер, число прудов, другие сооружения для сбора атмосферных и подземных вод, сколько из каждого вида источников подробно обследовано (с составлением анкет), причины обследования не всех имеющихся в пункте водоисточников, качество воды водоисточников, загрязнение водоисточников поверхностными и сточными водами.

Обеспечен ли пункт водой по принятым нормам для питья, водопоя, хозцелей, технических целей, противопожарных надобностей.

Происходит ли необеспеченность благодаря недостатку воды водоисточников или качеству воды по химическим или бактериологическим признакам или другим причинам (дальность расстояния до водоисточника и т. п.).

Примечание. Населенный пункт может считаться обеспеченным водой: а) если суммарный суточный дебит находящихся в населенном пункте источников водопользования не меньше суммарной максимальной суточной водопотребности по принятым нормам, включая и противопожарные нужды, б) если качество воды удовлетворяет принятым для данного района качественным нормам, в) если производительность и запасы воды отдельных водоисточников обеспечивают тушение одной пожарной точки и расстояние от обеспечивающего противопожарной водой водоисточника или специального резервуара до любой возможной точки пожара не превышает 150 м, г) если отсутствуют устойчивые эндемические или эпидемические заболевания населения или животных, связанные с водопользованием.

Населенный пункт считается необеспеченным водой, если в нем не соблюдено хотя бы одно из перечисленных выше условий.

В результате всех собранных по пункту данных на месте, бригадой обследователей составляется:

а) краткая характеристика существующего водоснабжения пункта, перечень основных его недостатков по отдельным видам водоисточников, преимуществ в эксплоатации одних типов перед другими;

б) предварительные соображения о необходимых мероприятиях (ремонте сооружений и оборудования и его характере, закрытии некоторых водоисточников, возможности осуществления водоснабжения путем постройки водопровода, устройстве водоподъемных сооружений, установке водоподъемников и т. п.), могущих (с учетом требований обороны) улучшить водоснабжение и обеспечить полное удовлетворение всех нужд водопотребления;

в) перечень тех мероприятий по улучшению водоснабжения, которые должны быть выполнены населением пункта в срочном порядке (передается советским органам в пункте).

К анкете обследования пункта прикладывается его план, составленный в масштабе 1:10 000 или 1:5 000, с нанесением на нем (с нумерацией) всех водоисточников, расположений промпредприятий, культурно-бытовых и коммунальных учреждений. При наличии водопровода на плане наносятся: место водоприема, насосных и очистных станций, водонапорных башен, резервуаров, линий трубопровода, размещение разборных колонок, гидрантов и точек домовых ответвлений.

4. Изучение водоисточников населенного пункта

При наличии в пункте одинаковых по конструкции и водным условиям водоисточников, при одинаковых топографических, гидрогеологических и др. условиях, подробное изучение проводится на одном-двух источниках каждого типа, а остальные источники того же типа лишь регистрируются, с указанием их назначения, числа водопользователей, технического и санитарного состояния, способа водозабора и наносятся на плане пункта. Если в пределах размещения пункта топографические, гидрогеологические и другие условия различны и водоисточники различны, то водоисточники каждого типа делят на группы (по однородности) и из каждой группы подробно изучаются 1—2 водоисточника, а остальные водоисточники той же группы только регистрируются, как выше указано, и наносятся на плане.

Изучение водоисточника должно дать следующие сведения, вносимые в анкету (с указанием района, сельсовета, названия обследовавшей организации, фамилии обследователя и даты обследования):

а) **Шахтный колодец.** Местоположение, № на плане. Расстояние от реки, озера, пруда, болота. Расположение (на возвышенности, склоне, в низине). Отметка устья (над уровнем моря и реки). Породы перекрывающие и водоносные. Глубина до дна и до воды. Слой воды—измеренный и наименьший бывающий в колодце (когда). Дебит (л/с) при различных понижениях уровня. Качество воды — химическое и бактериологическое (изменения качества по временам года). Назначение колодца и число водопользователей. Материал крепления. Форма и размеры надземной и подземной частей. Бак для запаса воды — материал, устройство. Скат. Замок. Меры защиты от засорения, промерзания. Способ водоподъема. Удобства подъезда. Техническое состояние. Уход за колодцем. Время сооружения. Строительная стоимость. Заключение о состоянии колодца и намечаемые меры по его улучшению.

б) **Трубчатый колодец.** Местоположение, № на плане. Расстояние от реки, озера, пруда, болота. Расположение (на возвышенности, склоне, в низине). Отметка устья (над уровнем моря и реки). Пройденные колодцем породы и их мощности. Глубина залегания водоносных горизонтов. Эксплоатируемые горизонты. Глубина колодца. Статический уровень воды. Дебит (л/с) при разных понижениях уровня. Количество добываемой воды в сутки. Качество воды (химические и бактериологические признаки). Меры по улучшению качества воды. Назначение колодца и число водопользователей. Материал

крепления. Диаметры и длина труб крепления. Фильтр, диаметр и длина его рабочей части. Оголовок. Шахта. Водоподъемник. Двигатель — тип, мощность. Здание насосной станции. Водонапорная башня, бак. Техническое и санитарное состояние. Уход за колодцем. Год сооружения. Строительная стоимость. Характер и стоимость ежегодных эксплоатационных расходов. Заключение о состоянии колодца и намечаемые меры его улучшения.

в) **Ключ (родник).** Местоположение, № на плане. Тип ключа. Расстояние выхода ключа (от реки, озера, пруда, болота). Расстояние от водопотребителей, наибольшее и наименьшее. Отметка выхода (над уровнем моря и реки). Породы, из которых выходит ключ. Заболоченность у выхода. Отложения осадков у выхода. Дебит. Режим. Постоянство действия. Качество воды (химизм, бактериология). Изменение качества по временам года. Замерзание. Наледи. Оборудование. Описание каптажного устройства и состояние его. Для чего берется вода. Удобство подхода и подъезда. Уход за ключом. Санитарное состояние. Год сооружения каптажа и строительная стоимость. Характер и стоимость ежегодных эксплоатационных расходов. Заключение об условиях водопользования, намечаемые меры по его улучшению.

г) **Река, ручей (канал).** Название, № на плане. Положение относительно пункта. Протяженность в черте пункта. Удаленность от водопотребителей — наибольшая, наименьшая. Абсолютная отметка меженного уровня у верхнего водоразбора. Число мест водоразбора. В пределах пункта: ширина — при обследовании, в межень, в половодье, глубина — при обследовании, в межень, в половодье, скорость течения, расход. Пересыхание. Постоянство действия канала. Продолжительность ледостава — начало, конец. Донный лед, толщина льда. Промерзание. Цели водопользования. Постоянство водопользования. Способ водопользования при перерывах в попусках воды в канале. Загрязнение воды, характер загрязнения. Качество воды (химизм, бактериология). Изменение качества по временам года. Заболеваемость от водопользования. Характер берегов, грунты берегов и дна. Удобства водозабора — подход, подъезд. Сооружения по водозабору. Очистные устройства для воды. Санитарное состояние мест водозабора. Зона санитарной охраны. Сплав. Судоходство. Расстояние мест водозабора от выше расположенного населенного пункта. Наличие у пункта пристаней, мостов, переправ и пр., неудобства, представляемые ими для водопользования. Заключение об условиях водопользования и намечаемые меры по его улучшению.

д) **Водоем (озеро, пруд).** Название, № на плане. Положение относительно пункта. Удаленность от водопотребителей — наибольшая и наименьшая. Характер образования. Абсолютная отметка уровня. Форма. Размеры, ширина, глубина, объем—при обследовании и наименьший. Пересыхание. Промерзание. Наличие стока. Характер берегов. Грунты берегов и дна. Цели водопользования. Постоянство водопользования. Удобство водозабора — подход, подъезд. Сооружения по водозабору. Качество воды (химизм, бактериология) и изменение качества по временам года. Очистные устройства для воды. Заболеваемость от водопользования. Загрязнение водоема и характер загрязнения. Заиленность. Зарастание. Санитарное состояние мест водозабора. Зона санитарной охраны. Заключение об условиях водопользования, меры намечаемые по его улучшению.

Примечание. При наличии плотины на реке (речке), пруде в п. п. «г» и «д» добавляется: Местонахождение плотины относительно пункта, наименьшее и наибольшее расстояния от него. Назначение. Тип. Материал. Размеры. Водоспуск. Водослив. Состояние сооружений. Вододействующие сооружения. Строительная стоимость плотины. Годовой эксплоатационный расход по содержанию плотины.

е) **Цистерна для сбора атмосферных вод.** Местоположение. Тип. Конструкция. Материал. Размеры. Емкость. Водосборная площадь. Постоянство запаса воды. Качество воды (химизм, бактериология) и изменение качества во времени. Цели использования воды. Способ забора воды. Год сооружения. Уход. Техническое и санитарное состояние. Строительная стоимость. Заключение о состоянии и намечаемые меры по его улучшению.

Примечание. При иных водоснабжающих каптажных устройствах они описываются применительно к перечисленным выше, с той же степенью подробности.

При наличии в населенном пункте водопровода: перечень населенных пунктов, обслуживаемых данным водопроводом. Источник водоснабжения. Водоприемные сооружения — их местоположение и устройство. Насосные станции — местоположение, здания, размеры, материал.

Водоподъемники — число (рабочие, запасные), типы, размеры, производительности, коэфициент полезного действия. Двигатели—число, типы, мощности, длительность работы в сутки. Очистка — местоположение, здание, отстойники, тип, конструкция, размеры, материал, расход, применение коагулянта—его состав, дозы. Фильтрование — типы фильтров, конструкции, материал, размеры, материал для фильтрования, величина слоя, скорость, часовая пропускная способность, способы промывки, интервалы между промывками. Обработка: аэрация — способ, устройство установки; умягчение — способ, тип, устройство, часовая производительность. Обеззараживание — способы, тип, устройство, применяемые вещества, дозы, продолжительность контакта, дехлорирование — устройства, вещество, требуемое его количество, продолжительность действия без регенерации. Водонапорные башни — расположение, материал, устройства, размеры; водонапорные баки — форма, материал, размеры, емкость, меры против замерзания. Подземные резервуары — расположение, форма, материал, размеры, емкость.

Трубопровод — тип, длина — водовода, сети, материал труб, диаметры, скорости, расходы, напоры, глубина укладки, число и тип колонок и число гидрантов в пункте и расстояние между ними, меры против их замерзания, число домовых ответвлений, расстояние между смотровыми колодцами.

Год сооружения водопровода. Организация, выполнившая строительство. Общая строительная стоимость и стоимость отдельных сооружений. Стоимость 1-го пог. метра водопровода. Стоимость ежегодного ремонта. Стоимость эксплоатации, годовая. Стоимость 1 м³ воды. Встречающиеся неудобства для водопользователей. Дефекты устройства. Техническое и санитарное состояние. Заключение о состоянии и меры по улучшению.

5. Программа для составления отчета о водоснабжении населенных пунктов территории

Отчет, составляемый по окончании изучения водоснабжения на территории, должен заключать в себе следующие основные разделы по каждому административному району или иному соответствующему административному подразделению:

1. Естественно-историческую характеристику, с наиболее широким, всесторонним освещением имеющихся подземных и поверхностных вод.
2. Существующее состояние различных отраслей народного хозяйства, размещение, перспективы развития.
3. Состав водопотребителей, перспективы их расширения, размещение.
4. Существующее водоснабжение, его характеристику, основные недостатки.

5. Основные направления, по которым должно развертываться строительство по водоснабжению.

6. Намеченные мероприятия по реконструкции водоснабжения.

7. Наличие местных строительных материалов и их транспортирование.

8. Ориентировочную стоимость выполнения намеченных мероприятий (по укрупненным измерителям) и потребное количество материалов.

К отчету прикладываются: общая административная карта территории с выделенными обследованными массивами; карты районные: гипсометрическая, гидрографическая, геологическая, гидрогеологические (желательно с районированием по глубине залегания вод и их качеству), карта характеристики водоснабжения. Геологические профили, разрезы буровых колодцев. Справочник по водоснабжению населенных пунктов.

§ 4. Изучение существующих гидросиловых установок

1. Общие исследования

Общие исследования имеют своей задачей проанализировать основные природные и экономические условия, в которых находятся гидросиловые установки. Далее подлежит уяснению вопрос о современном состоянии электроснабжения данного района, населенного пункта (город, совхоз, колхоз или отдельное промышленное предприятие) или мелиоративной системы и в связи с этим — стоимость одного киловаттчаса энергии.

Общие сведения природного и хозяйственного порядка об описываемом объекте и районе, в котором он расположен, получают некоторую специальную характеристику. Например, гидрологические условия помимо своих общих задач выявления водных запасов и их режима, расхода воды и наносов получают освещение в части всех вопросов водопользования с учетом влияния на него забираемого расхода воды для целей утилизации водной энергии, получают должное освещение, возникающие в некоторых случаях вопросы о многолетнем регулировании, явления льдообразования и пр.

Для определения стоимости киловаттчаса энергии требуется уяснение следующих элементов: а) прямые расходы (ремонт здания, гидротехнических сооружений, электромеханическое оборудование, зарплата с начислениями и пр.) и б) косвенные (амортизация здания станции, гидротехнических сооружений и электромеханического оборудования, проценты на затраченный капитал и т. д.), в) расходы по эксплоатации сети — потребления энергии (абоненты) и потери в сети передачи.

После суммирования приведенных выше статей получаем две суммы — сумму расходов по станции за год и — сумму выработки киловаттчасов на шинах станции в год. Делением первой суммы на вторую получают стоимость одного киловаттчаса.

2. Схема гидроустановки

На схеме дается общее представление о сущности имеющейся гидросиловой установки: а) установка при плотине, б) с подводящим деривационным каналом и подачей к станции воды трубопроводом, в) с деривацией воды штольней напорной или безнапорной, г) напорной деривацией воды (тоннель).

3. Здание гидростанции

Тип турбин. Напор в метрах. Мощность турбины. Число оборотов. Коэфициент быстроходности. Удельный расход. Диаметр турбин. Вес турбин. Генераторы гидростанции: напряжение в вольтах. Число оборотов.

Внешний диаметр ротора. Вес движущихся частей и полный. Мощность. Размещение электрооборудования в здании станции. План, разрезы и конструктивные чертежи здания. Материал, из которого построено здание. Строительная стоимость. Эксплоатационные расходы и их характер. Передача энергии.

4. Водоподводящие сооружения

а) **Канал.** Расположение его в плане. Продольный профиль и поперечные сечения канала. Характер грунта по длине канала. Гидравлические элементы канала. Потери воды на канале. Состояние канала. Одежда канала, ее тип, описание (толщина слоя, размеры плит, температурные швы). Состояние одежды и удовлетворительность ее работы. Эксплоатационные мероприятия и их стоимость в год. Дефекты канала.

б) **Акведуки и сифоны.** Расположение в плане. Чертежи планов, разрезов и конструктивных деталей. Материал. Стоимость. Состояние. Гидравлические элементы. Строительная стоимость. Ежегодные эксплоатационные расходы и их характер. Дефекты сооружений.

в) **Безнапорные и напорные тоннели и штольни.** Топографические условия местности, обусловившие постройку безнапорных тоннелей.

Геологические условия, в которых проложен тоннель. Тип, конструкция, форма тоннеля. Внешнее давление. Обделка тоннеля, ее описание. Трещины в обделке, их заделка и результаты, смена обделки. Отвод грунтовых вод дренажем. Протекание грунтовых вод в штольню. Гидравлические элементы тоннеля. Состояние сооружения. Строительная стоимость. Стоимость эксплоатации, ее характер. Неисправности работы тоннеля.

г) **Напорный бассейн.** Расположение и форма бассейна. Решотки. Грязевик и отстойник, водослив и сброс. Тип, конструкция и детали напорного бассейна. Гидравлические элементы напорного бассейна. Засорение напорного бассейна и его очистка (количество, характер и режим наносов и стоимость очистки). Меры борьбы с неисправной работой напорного бассейна в зимнее время и полученные результаты. Строительная стоимость. Полная стоимость ежегодных эксплоатационных расходов и характер эксплоатационных мероприятий.

д) **Уравнительная башня.** Тип. Конструкция, детали, размеры. Емкость башни. Высота башни. Гидравлические элементы. Влияние уравнительной башни на работу напорных трубопроводов и генератора. Наивысший горизонт воды в башне при закрытии турбин.

Колебания горизонтов воды в башне. Неисправности работы уравнительной башни. Строительная и эксплоатационная стоимость. Общее состояние. Характер эксплоатационных мероприятий.

е) **Сбросы.** Тип. Конструкция, детали, размеры. Максимальный рабочий расход. Степень обеспечения промыва напорного бассейна и освобождения его от грязи. Гидравлические элементы сброса. Приспособления для гашения энергии. Строительная стоимость. Состояние. Характер и стоимость эксплоатационных мероприятий.

ж) **Напорные трубопроводы.** Тип. Конструкция, детали, размеры, материал. Гидравлические элементы. Гидравлические удары в трубопроводах и оказываемое ими влияние на сооружения. Колебания напора и расхода. Неисправности работы трубопроводов; меры исправления и предупреждения. Стыки и соединения. Опоры. Утечки. Укладка трубопровода. Влияние колебания температуры. Лазы. Подвод воды к турбинам. Затворы. Строительная стоимость. Характер эксплоатационных мероприятий и их ежегодная стоимость.

5. Водохранилища и утилизация водной энергии

При оценке водохранилищ как регулирующих и захватных сооружений, устраиваемых преимущественно для удовлетворения целей утилизации водной энергии, особенно в горных местностях, необходимо собрать сведения по следующей программе:

Уяснение общей схемы расположения водозахватных сооружений с точки зрения возможно полного использования местных топографических, гидрологических, геологических, экономических и других условий. Наличие или необходимость устройства малой вспомогательной плотины. Проверка необходимости повышения гребня плотины или устройства автоматического затвора на водосливе.

Тип плотины. Конструкция. Детали. Размеры сооружения. Пропуск паводков и количество сбрасываемой воды, расход и толщина переливающегося слоя.

Исследование работы водоприемников. Влияние на ухудшение работы водоприемника отложившихся наносов. Общее состояние сооружения. Дефекты сооружения, причины и пути к исправлению. Строительная стоимость. Год постройки. Стоимость ежегодных расходов по эксплоатации и сущность эксплоатационных мероприятий.

Более детальные сведения по водохранилищам см. § 1, п. 2 настоящей главы.

6. Водоприемники и отстойники

Программа исследований должна включать следующее:

Проверка высоты заложения порога водоприемника и сопоставление его с режимом реки и в частности с режимом наносов. Механический состав наносов. Количество отлагающихся наносов в водоприемниках и отстойниках, время и число очисток их от наносов. Исследование интенсивности промывки отстойников. Работы отстойников в зимнее время. Техника сброса наносов в нижний бьеф. Исследование работы предохранительных решоток. Наблюдения фактической скорости выпадения наносов различных фракций. Поверка фактических размеров отстойников с точки зрения реальных условий работы их. Исследование работы промывного канала. Исследование работы затворов, дефекты работы и меры к их устранению. Исследование работы затворов в связи с льдообразованием и обильным количеством наносов.

Основная литература

1. Егиазаров. Гидроэлектрические силовые установки.
2. Губин Ф. Ф. Использование водной энергии. 1936.

§ 5. Изучение существующего судоходства и сплава

При изучении существующих судоходных и сплавных путей работа распадается на общую часть, изучение сооружений и перспективы развития судоходства и сплава.

1. Общая часть

Эта часть включает в себя собирание топографического материала, гидрологического и экономического материалов, характеризующего судоходный или сплавной путь, общий состав его гидротехнических и транспортных сооружений, мостов, сбор сведений о связи водного транспорта с другими отраслями водного хозяйства.

а) **Топографические** данные должны дать сведения о подводной, затопляемой и непосредственно примыкающей к водному пути местности. Данные получаются из соответствующих учреждений. При инструментальных исследованиях, если собранные данные оказываются недостаточными или мало достоверными, производятся специальные съемки. Особое внимание обращается на затруднительные для судоходства или сплава места: перекаты, крутые повороты, пороги, запущенные и засоренные участки реки.

б) **Гидрогеологические** работы при этого рода исследованиях заключаются в предварительном сборе всего имеющегося материала по прежде исполненным исследованиям. Одновременно с этим также собираются сведения климатического порядка (важен зимний режим, прекращение навигации). Весь собранный материал обрабатывается в виде общегидрологического описания реки. Общегидрологическое описание реки заключается: в описании берегов (коренной, наносный, крутизна их, размываемость, характер геологических напластований, размываемость, выходы грунтовых вод и пр.), описании дна, характеристике грунта (песчаное, илистое, каменистое и пр.), описании поймы (долины): ширина, извилистость стариц, уклон, заболоченность, растительный покров, выяснение скоростей течения по участкам, радиусов поворотов, ширины и транзитной глубины, прижимных течений, начало и конец ледостава и ледохода, время и условия появления заторов, сала, шороха и пр.

в) **Сведения технико-экономического характера** должны охарактеризовать:

1) грузооборот пути, состав его (род груза, сорта леса), равномерность, районы тяготения, способы подвоза и пр.;

2) флот судоходного пути: типы судов, размеры их, конструкция, мощность машин, скорость хода, оборот;

3) способы лесосплава: молевой, плотовой и др., типы плотов, организация сплава и пр.;

4) флот технический: служебные суда, землечерпательные и камнеуборочные машины, шаланды, дебаркадеры и пр.;

5) пристани и речные порты (гавани), схемы их устройства, эксплоатационные показатели, оборудование для перевалки грузов;

6) общий процесс судоходства и сплава: средняя скорость хода судов и сплавляемого леса, обороты судов, предел нагрузки их, организация службы эксплоатации, особенности данного пути;

7) стоимость перевозки грузов и лесосплава.

По лесосплаву в частности необходимо получить сведения и плановый материал о лесных массивах, тяготеющих к данному сплавному пути. Территориально они охватываются полосой, общей шириной в 20 км, т. е. по 10 км вправо и влево от водного пути.

Далее даются 1) сведения о составе насаждений (га) лиственных и хвойных и запасе древесины на 1 га в куб. м с подразделением древесины на дровяную и деловую.

2) Сведения о существующих путях для вывоза древесины из района сплавного пути даются по отдельным видам путей (железнодорожных, судоходных, подвесных, ледяных и др.) по следующему общему подразделению: протяженность (километры), провозоспособность (тонны или куб. метры), наименование пунктов, где происходит погрузка, сортамент отправляемой древесины и стоимость провоза древесины (за куб. метр, за тонну). Расстояние гужевой подвозки древесины к реке (максимальное, минимальное, среднее), существующие рынки сбыта, возможности при мелиорации реки.

3) Определение стоимости неиспользованных запа-

сов древесины и возможных рынков сбыта после мелиорации реки. Запас древесины дается в кубических метрах с подразделением древесины на деловую и дровяную.

4) Сведения о периодах сплава: весенний, летний и осенний даются в календарных сроках по типам сплавляемой древесины (плоты 1-, 2- и 3-рядные, кошели, гонки и моль или россыпь).

5) Сведения о процессе сплава включают в себя следующие данные: организация сплава, скорость движения древесины, интервалы по времени или по расстоянию при спуске сплавляемой древесины, процент утопа и «боя», аварии, остатки несплавленной древесины и причины оставления ее, число рабочих лодок, людей и снастей, время и рабсила, затраченные на проводку одного плота, «хватка» плотов (места, причины, затраты времени и рабсилы), описание мест тяги плотов (места, причины, затраты времени и рабсилы), образование заторов и заломов (места, причины, зависящие от состояния реки и организации сплава).

Выяснение наличия отдельных препятствий, как-то: карчей, топляков, мысов, островов, рыбных заколов, кочек, проносов и других препятствий с учетом их количества, размеров, производством краткого описания и характеристик и выяснением количества утерь древесины из-за них. При этом выясняется ориентировочная стоимость потребных мелиораций реки с учетом ожидаемого улучшения сплава и его удешевления.

По судоходству в частности необходимо дополнительно отметить:

1) связь водного пути с сухопутными, пункты перевалки грузов, способы перевалки, стоимость;

2) связь водного пути с сельским хозяйством (с.-х. грузы) и возможные изменения после проведения мелиорации;

3) искусственные водные системы: каналы открытые, шлюзованные, размеры их поперечных сечений, продольный профиль, трасса, условия плавания, стоимость перевозок и пр.;

4) обстановку водного пути: дневная и ночная сигнализация, служба оповещения и пр.

2. Гидротехнические и другие сооружения на судоходных или сплавных путях

Этот раздел исследований предусматривает получение нижеследующих материалов:

а) **Описание существующих пристаней и гаваней.** В данном случае дается общее расположение на плане (русло реки, старицы, пойма, озера) с показанием расстояния от устья (километры). Даются планы и чертежи с показанием площадей и размеров водных площадей, каналов, показанием устройства и конструктивных деталей, а также длины фронта береговых устройств (откосы, набережные), характера, размеров и числа «дворов», кожелей и пр. при сплаве, сопровождаемые соответствующим техническим описанием. Складочные помещения, территории порта, пути. Оборудование для перегрузки различных грузов. Судоремонтные устройства: стапели, эллинги, доки и пр. Далее даются такие сведения: пропускная способность; стоимость устройств, эксплоатационная стоимость. Грузооборот, его характер, состав, размер и изменения его за ряд лет. Способы сплотки и сбойки леса в гаванях, применение механизации и пр. Затопляемость весенними водами, степень безопасности от возможного уноса древесины. Способы погрузки и разгрузки, длительность этих операций. Существующая степень удовлетворения запросам сплава. Возможные перспективы развития.

б) **Гидротехнические и другие сооружения на судоходных и сплавных путях.** Описанию подлежат все сооружения, встречающиеся на судоходных и сплавных путях. Описывается их современное состояние, дается год их постройки, строительная стоимость, характер и стоимость ремонта и полная стоимость ежегодных эксплоатационных расходов. По каждому сооружению даются чертежи, конструктивные детали, указывается материал, размеры и дается техническое описание.

Все сооружения группируются по следующим условным трем подразделениям: общие гидросооружения, сооружения и приспособления для целей лесосплава и судоходные сооружения.

Первая группа сооружений (гидроэлектрические станции, регуляционные сооружения, плотины, регуляторы, водоприемники и пр., сюда же относятся и мосты) описывается и исследуется аналогично тем установкам, которые приведены выше для целей ирригации (§ 1).

При описании мостов необходимо отметить, в каком виде допускают они возможность сплава древесины и прохода судов, высоту ферм моста над меженними и весенними водами, расстояния между опорами (пролеты) моста и пр.

Вторая группа сооружений специальных (плотоходы, лесоспуски, бревноспуски, запани, прокопы, берегоукрепления для лесосплава и выправления) по характеру описания ничем существенным не отличается от первой. Регистрируется каждое сооружение в отдельности, с указанием размера, стоимости, современного состояния, характера ежегодного ремонта и пр.

Третья группа сооружений — судоходные: плотины, шлюзы, набережные, искусственные сооружения на каналах, маяки и пр. — получает полное технико-экономическое описание по той же схеме, что и I и II группы.

3. Перспективы развития судоходства (сплава)

Намечаются путем тщательной обработки всего собранного материала и его анализа в сопоставлении с общими запросами народного и в частности водного хозяйства. Перспективный план развития судоходства (сплава) включает в себя пояснительную записку, содержащую нижеследующие сведения:

а) географическое положение водных путей;
б) топографические особенности их;
в) климатическая характеристика;
г) гидрологическая характеристика;
д) описание пристаней, гаваней, гидротехнических и других сооружений;
е) сведения о судо- и сплавопропускной способности водных путей;
ж) сведения об экономике существующего водного пути;
з) проект реконструкции существующего судоходства;
и) перспективный план развития судоходства (сплава) на данном водном пути с комплексной оценкой связанных с ним остальных статей народного хозяйства.

§ 6. Составление водного баланса района

1. Общие принципы. Водный баланс должен строиться по отдельным бассейнам и получать свою увязку в границах отдельных административных единиц (отдельные республики, области, края) или их объединений. В последнем случае получается суммирование данных по отдельным водным бассейнам в указанных укрупненных административных объединениях.

Баланс водного хозяйства устанавливается по двум оценкам:

а) баланс существующего водного хозяйства с уяснением динамики его развития к настоящему времени и

б) баланс намечаемого перспективного использования водных ресурсов на основе генерального плана его развития.

Как существующее, так и перспективное использование водных запасов строится в комплексной динамической оценке всех статей народного хозяйства.

2. Баланс существующего водного хозяйства. Баланс существующего водного хозяйства должен предусматривать следующие три фазы работы:

а) Выяснение наличного водного запаса и его режима, слагающегося из следующих основных компонентов:

1) атмосферные осадки;
2) реки, озера и другие открытые потоки и водоемы;
3) подземные воды.

б) Выяснение современного использования существующего водного хозяйства по следующим групповым водопотребителям:

1) сельское хозяйство (ирригация, водоснабжение, рыбное хозяйство, энергетика и др.);
2) промышленность (водоснабжение, энергетика и другие потребности);
3) коммунальное хозяйство (питьевые, пожарные и другие потребности);
4) курортное хозяйство (питьевые, бальнеологические, бытовые и другие потребности);
5) судоходство и сплав (установление минимальных горизонтов и расходов).

в) Расчет баланса существующего водного хозяйства как результат сопоставления наличного водного запаса с современным его фактическим использованием. Установление эффективности и размерности использования и удельных показателей, составляющих баланс как приходной, так и расходной его статей.

3. Баланс намечаемого перспективного комплексного использования водного хозяйства строится на базе материалов баланса существующего водного хозяйства.

Такое перспективно-плановое генеральное построение может быть осуществлено двояким путем:

а) использованием исключительно местных водных ресурсов и

б) использованием местных водных ресурсов плюс дополнительное питание, переброской части воды из смежных водных бассейнов.

Указанная работа по перспективному балансу должна выполняться путем:

а) тщательной научной диалектической оценки объектов разработки как со стороны технической, так и экономической;

б) в общих вопросах реконструкции и развития водного хозяйства необходимо обеспечить четкую технико-экономическую разработку вопросов организации, освоения и эксплоатации по всем видам использования водного хозяйства;

в) наиболее эффективного обеспечения развития всех сторон народного хозяйства в целом.

4. Необходимые изыскательско-исследовательские материалы. Для составления балансов необходимо собрать сведения:

а) естественно-исторические (географические данные, геологические условия, климат, а самое главное — гидрологические характеристики бассейнов);

б) водохозяйственные — о существующем использовании вод для народнохозяйственных нужд;

в) экономические — о перспективе развития народного хозяйства в данном районе.

Сведения первого типа получаются на основе литературных материалов или изысканий прежних лет, а также специального местного обследования.

Сведения водохозяйственные получаются также частью литературным путем, но главным образом обследованием на местах (раздел V, гл. I).

И те и другие сведения войдут в водный кадастр (см. раздел VI, гл. 1).

Экономические материалы получаются из государственных учреждений, ведающих планированием народного хозяйства СССР, и местных учреждений, руководящих отдельными отраслями народного хозяйства в рассматриваемом районе.

Литература

Гришин М. М. и Пепенко К. А. Водохозяйственная схема Северокавказского края (водный баланс), 1932.

Водное хозяйство. Сборник статей, 1929.

ГЛАВА II

ОРГАНИЗАЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

§ 7. Изыскания естественных строительных материалов

Исследования естественных строительных материалов базируются на данных геологических исследований, каковые весьма целесообразно производить одновременно или ранее первых. По геологическим картам, профилям и описаниям ранее исполненных геологических исследований можно составить предварительное представление о размерах возможных запасов отдельных видов строительных материалов и их территориальном размещении. Иногда это ставится в задачи геолога особым пунктом программы. Исследования строительных материалов распадаются на две стадии:

1) установление общего характера пород, их расположения, напластования, мощности слоев, выходы пород естественные и искусственные, величины вскрыши, характер и возможное количество отбросного материала, характер выветривания, размывания и пр.;

2) оценка пород как строительного материала исследованием на сопротивляемость тем механическим воздействиям, которым порода будет подвергаться в сооружениях. Для этого производится оценка породы при ее разработке и обработке, по степени сопротивления выветриванию, пористости, степени насыщаемости и размачиванию водой и сопротивлению действию мороза; делаются определения физических свойств, химического состава, количества и качества примесей и пр.

Первый вид исследований представляет собой развитие геологических исследований со строительной оценкой получаемых результатов исследований. Этот вид исследований предусматривает проведение дополнительных работ по разведочному бурению и шурфованию, техника которых изложена в разделе IV настоящего «Справочника», и дополнительному описанию осадочных и изверженных пород. Второй вид исследований технически выполняется в лабораториях по испытанию строительных материалов.

сов древесины и возможных рынков сбыта после мелиорации реки. Запас древесины дается в кубических метрах с подразделением древесины на деловую и дровяную.

4) Сведения о периодах сплава: весенний, летний и осенний даются в календарных сроках по типам сплавляемой древесины (плоты 1-, 2- и 3-рядные, кошели, гонки и моль или россыпь).

5) Сведения о процессе сплава включают в себя следующие данные: организация сплава, скорость движения древесины, интервалы по времени или по расстоянию при спуске сплавляемой древесины, процент утопа и «боя», аварии, остатки несплавленной древесины и причины оставления ее, число рабочих лодок, людей и снастей, время и рабсила, затраченные на проводку одного плота, «хватка» плотов (места, причины, затраты времени и рабсилы), описание мест тяги плотов (места, причины, затраты времени и рабсилы), образование заторов и заломов (места, причины, зависящие от состояния реки и организации сплава).

Выяснение наличия отдельных препятствий, как-то: карчей, топляков, мысов, островов, рыбных заколов, кочек, проносов и других препятствий с учетом их количества, размеров, производством краткого описания и характеристик и выяснением количества утерь древесины из-за них. При этом выясняется ориентировочная стоимость потребных мелиораций реки с учетом ожидаемого улучшения сплава и его удешевления.

По судоходству в частности необходимо дополнительно отметить:

1) связь водного пути с сухопутными, пункты перевалки грузов, способы перевалки, стоимость;

2) связь водного пути с сельским хозяйством (с.-х. грузы) и возможные изменения после проведения мелиорации;

3) искусственные водные системы: каналы открытые, шлюзованные, размеры их поперечных сечений, продольный профиль, трасса, условия плавания, стоимость перевозок и пр.;

4) обстановку водного пути: дневная и ночная сигнализация, служба оповещения и пр.

2. Гидротехнические и другие сооружения на судоходных или сплавных путях

Этот раздел исследований предусматривает получение нижеследующих материалов:

а) **Описание существующих пристаней и гаваней.** В данном случае дается общее расположение на плане (русло реки, старицы, пойма, озера) с показанием расстояния от устья (километры). Даются планы и чертежи с показанием площадей и размеров водных площадей, каналов, показанием устройства и конструктивных деталей, а также длины фронта береговых устройств (откосы, набережные), характера, размеров и числа «дворов», кожелей и пр. при сплаве, сопровождаемые соответствующим техническим описанием. Складочные помещения, территории порта, пути. Оборудование для перегрузки различных грузов. Судоремонтные устройства: стапели, эллинги, доки и пр. Далее даются такие сведения: пропускная способность; стоимость устройств, эксплоатационная стоимость. Грузооборот, его характер, состав, размер и изменения его за ряд лет. Способы сплотки и сбойки леса в гаванях, применение механизации и пр. Затопляемость весенними водами, степень безопасности от возможного уноса древесины. Способы погрузки и разгрузки, длительность этих операций. Существующая степень удовлетворения запросам сплава. Возможные перспективы развития.

б) **Гидротехнические и другие сооружения на судоходных и сплавных путях.** Описанию подлежат все сооружения, встречающиеся на судоходных и сплавных путях. Описывается их современное состояние, дается год их постройки, строительная стоимость, характер и стоимость ремонта и полная стоимость ежегодных эксплоатационных расходов. По каждому сооружению даются чертежи, конструктивные детали, указывается материал, размеры и дается техническое описание.

Все сооружения группируются по следующим условным трем подразделениям: общие гидросооружения, сооружения и приспособления для целей лесосплава и судоходные сооружения.

Первая группа сооружений (гидроэлектрические станции, регуляционные сооружения, плотины, регуляторы, водоприемники и пр., сюда же относятся и мосты) описывается и исследуется аналогично тем установкам, которые приведены выше для целей ирригации (§ 1).

При описании мостов необходимо отметить, в каком виде допускают они возможность сплава древесины и прохода судов, высоту ферм моста над меженними и весенними водами, расстояния между опорами (пролеты) моста и пр.

Вторая группа сооружений специальных (плотоходы, лесоспуски, бревноспуски, запани, прокопы, берегоукрепления для лесосплава и выправления) по характеру описания ничем существенным не отличается от первой. Регистрируется каждое сооружение в отдельности, с указанием размера, стоимости, современного состояния, характера ежегодного ремонта и пр.

Третья группа сооружений — судоходные: плотины, шлюзы, набережные, искусственные сооружения на каналах, маяки и пр. — получает полное технико-экономическое описание по той же схеме, что и I и II группы.

3. Перспективы развития судоходства (сплава)

Намечаются путем тщательной обработки всего собранного материала и его анализа в сопоставлении с общими запросами народного и в частности водного хозяйства. Перспективный план развития судоходства (сплава) включает в себя пояснительную записку, содержащую нижеследующие сведения:

а) географическое положение водных путей;
б) топографические особенности их;
в) климатическая характеристика;
г) гидрологическая характеристика;
д) описание пристаней, гаваней, гидротехнических и других сооружений;
е) сведения о судо- и сплавопропускной способности водных путей;
ж) сведения об экономике существующего водного пути;
з) проект реконструкции существующего судоходства;
и) перспективный план развития судоходства (сплава) на данном водном пути с комплексной оценкой связанных с ним остальных статей народного хозяйства.

§ 6. Составление водного баланса района

1. Общие принципы. Водный баланс должен строиться по отдельным бассейнам и получать свою увязку в границах отдельных административных единиц (отдельные республики, области, края) или их объединений. В последнем случае получается суммирование данных по отдельным водным бассейнам в указанных укрупненных административных объединениях.

Баланс водного хозяйства устанавливается по двум оценкам:

а) баланс существующего водного хозяйства с уяснением динамики его развития к настоящему времени и

б) баланс намечаемого перспективного использования водных ресурсов на основе генерального плана его развития.

Как существующее, так и перспективное использование водных запасов строится в комплексной динамической оценке всех статей народного хозяйства.

2. Баланс существующего водного хозяйства. Баланс существующего водного хозяйства должен предусматривать следующие три фазы работы:

а) Выяснение наличного водного запаса и его режима, слагающегося из следующих основных компонентов:

1) атмосферные осадки;
2) реки, озера и другие открытые потоки и водоемы;
3) подземные воды.

б) Выяснение современного использования существующего водного хозяйства по следующим групповым водопотребителям:

1) сельское хозяйство (ирригация, водоснабжение, рыбное хозяйство, энергетика и др.);
2) промышленность (водоснабжение, энергетика и другие потребности);
3) коммунальное хозяйство (питьевые, пожарные и другие потребности);
4) курортное хозяйство (питьевые, бальнеологические, бытовые и другие потребности);
5) судоходство и сплав (установление минимальных горизонтов и расходов).

в) Расчет баланса существующего водного хозяйства как результат сопоставления наличного водного запаса с современным его фактическим использованием. Установление эффективности и размерности использования и удельных показателей, составляющих баланс как приходной, так и расходной его статей.

3. Баланс намечаемого перспективного комплексного использования водного хозяйства строится на базе материалов баланса существующего водного хозяйства.

Такое перспективно-плановое генеральное построение может быть осуществлено двояким путем:

а) использованием исключительно местных водных ресурсов и

б) использованием местных водных ресурсов плюс дополнительное питание, переброской части воды из смежных водных бассейнов.

Указанная работа по перспективному балансу должна выполняться путем:

а) тщательной научной диалектической оценки объектов разработки как со стороны технической, так и экономической;

б) в общих вопросах реконструкции и развития водного хозяйства необходимо обеспечить четкую технико-экономическую разработку вопросов организации, освоения и эксплоатации по всем видам использования водного хозяйства;

в) наиболее эффективного обеспечения развития всех сторон народного хозяйства в целом.

4. Необходимые изыскательско-исследовательские материалы. Для составления балансов необходимо собрать сведения:

а) естественно-исторические (географические данные, геологические условия, климат, а самое главное — гидрологические характеристики бассейнов);

б) водохозяйственные — о существующем использовании вод для народнохозяйственных нужд;

в) экономические — о перспективе развития народного хозяйства в данном районе.

Сведения первого типа получаются на основе литературных материалов или изысканий прежних лет, а также специального местного обследования.

Сведения водохозяйственные получаются также частью литературным путем, но главным образом обследованием на местах (раздел V, гл. I).

И те и другие сведения войдут в водный кадастр (см. раздел VI, гл. 1).

Экономические материалы получаются из государственных учреждений, ведающих планированием народного хозяйства СССР, и местных учреждений, руководящих отдельными отраслями народного хозяйства в рассматриваемом районе.

Литература

Гришин М. М. и Пепенко К. А. Водохозяйственная схема Северокавказского края (водный баланс), 1932.

Водное хозяйство. Сборник статей, 1929.

ГЛАВА II

ОРГАНИЗАЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

§ 7. Изыскания естественных строительных материалов

Исследования естественных строительных материалов базируются на данных геологических исследований, каковые весьма целесообразно производить одновременно или ранее первых. По геологическим картам, профилям и описаниям ранее исполненных геологических исследований можно составить предварительное представление о размерах возможных запасов отдельных видов строительных материалов и их территориальном размещении. Иногда это ставится в задачи геолога особым пунктом программы. Исследования строительных материалов распадаются на две стадии:

1) установление общего характера пород, их расположения, напластования, мощности слоев, выходы пород естественные и искусственные, величины вскрыши, характер и возможное количество отбросного материала, характер выветривания, размывания и пр.;

2) оценка пород как строительного материала исследованием на сопротивляемость тем механическим воздействиям, которым порода будет подвергаться в сооружениях. Для этого производится оценка породы при ее разработке и обработке, по степени сопротивления выветриванию, пористости, степени насыщаемости и размачиванию водой и сопротивлению действию мороза; делаются определения физических свойств, химического состава, количества и качества примесей и пр.

Первый вид исследований представляет собой развитие геологических исследований со строительной оценкой получаемых результатов исследований. Этот вид исследований предусматривает проведение дополнительных работ по разведочному бурению и шурфованию, техника которых изложена в разделе IV настоящего «Справочника», и дополнительному описанию осадочных и изверженных пород. Второй вид исследований технически выполняется в лабораториях по испытанию строительных материалов.

Изыскания карьеров строительных материалов

а) **Карьеры песка и гравия.** При получении благоприятной технической оценки качества указанных материалов дополняющей оценкой будет организационно-экономическая. Предварительно приведем кратко основные технические испытания, которым подвергается каждый вид из указанных материалов.

Песок (горный, речной и морской) и гравий. При лабораторном исследовании производятся только два вида определений — механический анализ и химический состав, а также минералогический. Особое значение приобретает первое определение, так как оно позволяет определить гранулометрический состав и количество примесей, находящихся в песке. Химический и механический анализ в последнем случае дают возможность установить характер примесей, дать полную качественную оценку песку, решить вопрос о необходимости промывки песка и гравия, о потребности просеивания через грохот или сито, о необходимости добавления к имеющемуся песку песка другого гранулометрического характера (например при проектировании состава инертных составляющих для бетона).

Карьер должен по возможности быть близко расположен к месту работ — для удешевления стоимости заготовки материала. Определяющими элементами общей стоимости разработки 1 куб. м строительного материала из карьера будут толщина вскрыши, толщина слоя, расстояние возки; примерно это может быть учтено по следующему соотношению:

$$B = \left(a + C.b\right)\frac{k}{m},$$

где a — стоимость удаления 1 куб. м вскрыши,
b — стоимость отвозки 1 куб. м вскрыши,
C — расстояние отвозки материала (в сотнях метров),
k — толщина вскрыши,
m — толщина вырабатываемого пласта материала *.

Величина B должна быть в минимуме при выборе разных карьеров.

б) **Камень и щебень.** Общие организационные установки к этим видам строительного материала остаются те же, что и к предыдущим. Предварительно пригодность камня и щебня для нужд строительства устанавливается в полевой обстановке путем внешнего осмотра образцов, пробой их ударами молотка или кирки, осмотром однородности материала, пористости, предположительным намечением годности, возможного использования материала (на облицовку, в бутовую кладку, на щебень и пр.). Из карьера берутся пробы материала для последующего лабораторного испытания. Так как материал по карьеру в сущности весьма неоднороден по качеству, то нужно взять ряд образцов, чтобы исключить неполноценную оценку карьера.

Образцы камня поступают в лабораторию, где производятся следующие определения, характеризующие технические качества строительного материала: объемный вес, истинный удельный вес, пористость, твердость материала и сопротивление на истирание, испытание на раздавливание, водопроницаемость, испытание на замораживание, огнеустойчивость, теплопроводность и звукопроводность. В результате проведенных лабораторных исследований получается достаточно полная техническая оценка. Последняя должна удовлетворять техническим условиям и нормам на данный материал.

---

* Песок, гравий, щебень, камень.

§ 8. Изыскания путей сообщения в районе строительства

1. Исследование существующих путей сообщения

Исследования существующих путей сообщения проводятся для: 1) выяснения общего состояния дорог и 2) оценки существующих транспортных средств.

а) **При производстве оценки состояния дорог** выясняются следующие элементы: общее расположение существующих дорог в плане, техническое описание дорог: продольный и поперечный уклон дороги, длины отдельных участков, полотно дороги, его тип, ширина (проезжая часть и обочины), водоотводные канавы, их состояние; размер существующего грузооборота по дороге и распределение его в течение года; повреждение дороги и ухудшение полотна в дождливую погоду; работа дороги в зимнее время. Сооружения на дорогах — мосты, трубы, их состояние и техническая характеристика (размеры, материал, состояние, потребный ремонт и пр.). Потребные реконструктивные мероприятия для улучшения дорог.

Помимо описания существующей дорожной сети производится учет существующих внутренних водных путей сообщения на общих основах, изложенных при описании исследований существующего судоходства и сплава (гл. I, § 5). Учитывается также наличие существующих железнодорожных путей сообщения и возможность их использования в комплексе с остальными путями сообщения в районе строительства.

б) **При учете и описании существующих транспортных средств** в районе строительства объектами служат:

а) гужевой транспорт,
б) автомобильный транспорт,
в) железнодорожный транспорт,
г) водный транспорт.

Уясняется общее состояние наличия и типа перевозочных средств по каждому виду транспорта, напряженность существующей грузопровозоспособности по каждому виду транспорта. Необходимость в ремонтных работах для существующих перевозочных средств. Необходимость в численном пополнении транспортных средств и улучшении типа перевозочных средств. Возможности повышения пропускной способности дорог.

2. Изыскания новых дорог

После того как уяснено значение и возможности использования существующих путей сообщения, определена общая потребность нового строительства, выясняется размер общей потребности в расширении существующих путей сообщения и производится намечение новых путей сообщения. Новые дороги в районе строительства в проектной их разработке намечаются на выявленном плане существующей сети путей сообщения и уясненном их грузообороте. Они намечаются двух видов — постоянные новые линии и временные линии; последние являются вспомогательными, для работы только на время существования строительства (грунтовые дороги облегченного типа, дековильки, железнодорожные линии временного типа).

Изыскания дорог проводятся на основе инструкции НКПС и Цудортранса.

§ 9. Опытно-исследовательские работы

а) **Полевые опытные** исследования имеют своей задачей расширить и проверить полученные материалы ранее произведенных целевых, лабораторных исследований и проектных разработок и собрать фактический материал для уточнения технического проекта. Характер этих работ заключается в контрольной постановке опытов по выяснению возможной работы отдельных частей сооружений и в лабораторном моделировании намеченных проектных схем.

В части изучения работы основания под намечаемыми сооружениями проводятся, например, работы по забивке пробных шпунтовых рядов и свай.

Фиксированию подлежит влияние различной мощности и характера грунтов оснований на качество и тип грунтов и свай. Влияние расположения свай (шахматное, парное, кустовое) на характер работы их при разных грунтовых условиях. Пробные определения величины отказа при забивке свай; поверка имеющихся теоретических указаний (формулы Брикса, Герсеванова и др.) в данных конкретных условиях. Определение допустимой нагрузки на сваи.

В части проведения исследований грунтов выполняются опытные работы по укреплению их путем искусственного цементирования, силикатирования, асфальтирования и пр. Элементы изучения: техника цементирования, получаемая эффективность, расход материала, составы смесей, ориентировочная стоимость и перспективы возможного применения этого приема укрепления грунта. Этого вида работы ведутся по особым инструкциям.

б) **Лабораторные гидротехнические исследования** заключаются в изготовлении моделей запроектированных целых сооружений и отдельных их частей и лабораторном их изучении.

Целые сооружения (модели) изучаются в гидравлических и гидротехнических лабораториях и имеют своей задачей проверку гидравлического теоретического расчета, положенного в основу их проектирования, или опытное установление размеров в тех случаях, когда сооружения или узел их не поддаются теоретическому расчету.

Элементы исследований: коэфициенты расхода, движение (направление) струй, движение наносов, их отложения, размывы, характер сопряжения бьефов, величины и распределение скоростей. Отдельные части сооружения помимо гидравлических исследований подвергаются иногда исследованиям степени их прочности.

Весьма ценные выводы получаются в результате моделирования всей схемы или отдельной ее части, например головная часть системы с рядом одновременно работающих сооружений.

Лабораторные гидравлические и гидротехнические исследования обычно дают чрезвычайно ценный корректирующий материал для разработанных проектов и позволяют вводить существенные улучшения, усовершенствования и удешевления намеченного строительства еще задолго до начала непосредственного приступа к самим гидротехническо-строительным работам. В СССР подобного вида исследования достаточно интенсивное развитие получили для объектов крупного строительства, исполненного за 1 пятилетку (Гидротехнические сооружения т. II, Трансиздат 1937, стр. 87—103).

в) **Лаборатории,** выполняющие гидротехнические исследования:

1. Москва: а) Гидравлическая лаборатория Научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации, Москва, Петровско-Разумовское, б) Гидротехническая лаборатория Московского инженерно-строительного института (МИСИ); Б. Козловский, 6), в) Гидротехническая лаборатория (МИИТ); Бахметьевская, 15), г) Гидротехническая лаборатория Водгеоинститута (ст. Кучино, Нижегородской ж. д.).

2. Ленинград: а) Гидротехнические лаборатории Гидротехнического института (Лесной, дорога в Сосновку), б) Гидротехническая лаборатория института инж. водного транспорта (Красная, 7).

3. Ташкент: Опытно-исследовательский институт водного хозяйства (Ассакинская, 22).

4. Новочеркасск: а) Гидротехническая лаборатория Новочеркасского инженерно-мелиоративного института (Почтовая, 65), б) Гидравлическая лаборатория Индустриального института (ул. Просвещения, 10).

§ 10. Собирание различных сведений

Собирание различных сведений, относящихся к производству работ, является крайне важным для составления проекта организации работ и при непосредственном выполнении самих строительных работ, для рационального обеспечения их и в намеченный календарный срок. Этот вид исследовательской работы заключается в сборе нижеследующих сведений:

а) **По вопросу временного водоснабжения и энергоснабжения.** При выяснении вопроса о временном водоснабжении (т. е. на период самого строительства) подлежат сбору сведения об имеющихся источниках водоснабжения, сопоставление их с потребностью в воде и с установлением наиболее целесообразного технического оформления такого водоснабжения. Потребность в воде на строительстве системы слагается из таких разновидностей: питьевые нужды, бытовые, противопожарные и строительно-технические. Первые три разновидности в известной степени имеют некоторую принятую нормировку; что же касается нужд строительно-технических, то они определяются характером и объемом строительства и в своем общем виде состоят из потребностей в воде на промывку инертных материалов для бетонных работ, на изготовление бетона, его последующую поливку водой, на изготовление раствора для каменных, штукатурных и других работ, на поливку при укладке грунта при работе в сухое время, на питание двигателей и пр. Потребность в воде суммируется, согласовывается с общим календарным развитием строительных работ, что дает возможность установить потребность в воде в виде расхода (в секундотоке) или в объемах в сутки по длине периода строительства. В связи с этим решаются вопросы: о заборе воды, водоподъеме, разводке воды трубопроводом, устройстве временных резервуаров и точек разбора по территории строительства (строительная площадка, бани, прачечная, жилые и общественные постройки и пр.).

При разработке вопросов временного электроснабжения собираются в известной степени аналогичные сведения, в большинстве случаев строится собственная временная электростанция на стройплощадке.

б) **Жилищные, бытовые и прочие вопросы.** Остальные сведения, могущие быть отнесенными к разряду «разных сведений», заключаются в сборе сведений относительно жилищных, бытовых вопросов, заготовок для целей общественного питания, организации самозаготовок и пр., носят характер преимущественно хозяйственный.

Для этого обследуются ближайшие селения, выясняются свободные жилищные фонды, свободные помещения для служебных целей. В отношении общественного питания выясняется в местных организациях вопрос о предоставлении земельных участков для огородов и посевов, об организации совхоза и пр.

ГЛАВА III

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

§ 11. Применение фотографии при исследованиях

1. Общие замечания

Фиксирование объектов, обстановки, условий, производственных и других моментов путем применения фотографии нужно считать неотъемлемым элементом при исследовательских работах. Фотографирование дает возможность получить наиболее просто и быстро точную и объективно-беспристрастную документацию, выгодно отличаясь от субъективных искажений, грубой схематизации и неправильностей, получаемых при зарисовках. Техника фотографии для получения вполне удовлетворительных результатов вполне доступна работникам средней квалификации. Удачно сделанные и оформленные фотоснимки, удачно использованные сюжеты съемок позволяют, значительно сократив описательную часть отчета по работам, в то же время дать более наглядное представление о сущности исполненных исследовательских работ и обследованных объектов. При фотографировании объект должен быть схвачен в наиболее характерном и полном его виде. Снимок, иллюстрирующий движение, производственный момент, вообще, фиксирующий динамичность какого-либо процесса, должен отображать его без искусственной декоративности, без условно подчеркнутой напряженности, нужно дать динамику в ее нормальной, преобладающей, естественной и правдивой форме.

2. Сюжеты и условия съемки

Сюжеты съемки находятся в зависимости от разновидностей исследований.

а) Так например **при геодезических работах** основными сюжетами съемки будут видовые, ландшафтные, иллюстрирующие плоскостные и высотные положения и внутреннюю ситуацию местности. Всегда желательно и необходимо фотографировать опорные знаки: репера, марки и т. п. Для получения четких и хорошо проработанных деталей ландшафтного снимка требуется применение светофильтров (компенсационные, контрастные и селекционные). Тип фильтра находится в зависимости от характера фиксируемого объекта, сорта и светочувствительности пластинок. В соответствии с используемым светофильтром устанавливается и изменяющаяся от него продолжительность экспозиции.

б) **При гидрологических исследованиях** сюжетами съемки являются сами исследуемые объекты (реки, озера, выходы грунтовых вод — родники, ключи и пр.), условия и приемы работ. При съемке исследуемых объектов если имеется в виду фиксировать движущуюся воду, требуется применять возможно короткую экспозицию. В некоторых случаях потребуется применение светофильтров. Масштабность снимка может быть отмечена расстановкой живых объектов, но такой, чтобы они выполняли чисто служебное назначение и не сосредоточивали на себе внимания на снимке. В некоторых случаях можно такой сюжет сочетать с каким-либо производственным моментом, не затемняя однако основного содержания снимка.

в) **При геологических исследованиях** фиксируются преимущественно характерные геологические естественные обнажения, их мощность, складчатость, слоистость, чередование слоев, современные геологические явления и пр.

г) **При почвенных и ботанических исследованиях** даются обычно ландшафтные снимки с применением светофильтров, почвенные разрезы, виды отдельных растений, их ассоциаций и пр.

д) **При исследовании сооружений и каналов** даются снимки общих видов их, характерные их планы и расположения, конструкции, состояние работы, общие условия эксплоатации и пр.

е) **Условия съемки.** При всех сюжетах съемки для возможности получения более рельефных снимков желательно использовать преимущественно утренние и послеобеденные часы, так как в эти часы удлиненными тенями от солнечного освещения повышается пластичность снимка. Необходимо избегать делать снимки без солнечного освещения. Освещение должно быть боковым. Для избежания перспективных искажений надлежит следить за горизонтальностью и вертикальностью камеры. При недостатке естественного освещения (тоннели, пещеры, штольни и другие внутренние темные помещения) приходится применять вспышки магния. При съемке блестящих предметов и съемках против света, против окон приходится применять противоореольные пластинки.

При съемке разноцветных объектов исследований с преимущественным преобладанием красных, зеленых, коричневых тонов вполне целесообразно применять ортохроматические пластинки или же панхроматические с желтым светофильтром, выравнивающим спектральные лучи при восприятии их пластинкой.

3. Оборудование и аппаратура

а) **Лаборатория.** При стационарных исследованиях необходимое оборудование размещается в специальной лаборатории, предназначенной для выполнения как негативного, так и позитивного процесса и в некоторых случаях допускающей и съемочную работу, например для изготовления репродукций, диапозитивов, увеличений и пр.

При экспедиционных исследованиях вопрос о постоянной лаборатории отпадает и находит себе разрешение в следующем виде. Для перезарядки кассет применяют складной специальный мешок, который можно легко достать в магазине фотопринадлежностей. Проявление пластинок во время экспедиции рекомендуется не производить и ограничиться только контрольными проявлениями пробных снимков для проверки правильности экспозиции или проверки качества эмульсионного слоя пластинок. Проявление и остальная обработка фотоматериала производится в стационарной обстановке, после окончания экспедиции или путем отправки в лабораторию в несколько сроков экспонированного материала. В некоторых случаях удается устроить временную походную лабораторию, например при исследовании рек — на брандвахте, при тех же или иных исследованиях иногда одну из походных палаток приспосабливают под темную фотографическую комнату. Недавно выпущены в продажу достаточно портативные ящики, в которых можно не только перезаряжать пластинки, но и вести работы по проявлению и печатанию; но следует пока воздержаться от пользования указанным нововведением в силу его малого совершенства. При экспедиционных работах все оборудование должно складываться в портативном виде в прочные ящики с соблюдением необходимых предосторожностей против порчи оборудования, битья пластинок и пр.

б) **Пластинки и пленки.** При экспедиционных исследованиях конечно наибольшие транспортабельные преимущества имеют пленки перед пластинками. При заготовке пластинок или пленок следует приобретать пластинки преимущественно нормальной чувствительности, в виду их более долгой сохранности. Обязательно перед выездом следует проверить качество пластинок, произведя ряд пробных снимков. Коробки пластинок

Перечень оборудования для фотографических работ

№ по пор.	Наименование предметов	Примечание
1	Аппарат 13×18 см в футляре	1—4. Число аппаратов зависит от состава партии, объема работ и прочих условий
2	То же 9×12 см в футляре	
3	Треножник к аппарату 13×18 см	
4	То же к аппарату 9×12 см	
5	Запасное матовое стекло	
6	Телеобъектив	6. Желательно
7	12 двойных кассет 13×18 см в футляре	7—8. Можно ограничиться и 6 кассетами
8	12 » » 9×12 » » »	
9	Светофильтры	
10	Два покрывала (сукно черное) для аппаратов	
11	Пластинки	
12	Фотографическая бумага	
13	Фильтровальная (пропускная) бумага	
14	Картон для наклеивания снимков	
15	Замша для чистки объективов	
16	Резиновые трубки для затвора, промывки и пр.	
17	Два фонаря красных	17. Кроме фонаря стеклянного рекомендуется иметь фонарь из красного (неактиничного) холста; удобны также неактиничные листки желатина
18	Актинометр	
19	Красное стекло для темной комнаты	
20	Лампа для вспышки магния	
21	Спиртовая лампочка	
22	Термометр	
23	Бак для промывки негативов	
24	Станок для сушки негативов	
25	Ящики для сушки негативов	
26	Копировальные рамки	
27	Весы ручные с роговыми чашечками, с разновесами	
28	Весы системы Роберваля (малые) с разновесами по 500 г	
29	Мешок для перемены пластинок	
30	Кисть для смахивания пыли с пластинок	
31	Кнопки	
32	Клей	
33	Алмаз для стекла	
34	Карандаши для писания на стекле	
35	Молоток, отвертка, плоскогубцы, перочинный нож, шило, пинцет, подпилок маленьк.	
36	Ванночки для проявления	36—37. Из папье-маше, эбонита или целлулоидные
37	» » фиксирования	
38	» » квасцевания	
39	» » промывки отпечатков	
40	» » фиксирования отпечатков	
41	Бутыль для дестиллированной воды	
42	Банки для гипосульфита	
43	Банки с притертыми пробками для сухих веществ, разной вместимости	
44	Склянки с притертыми пробками, разной вместимости	
45	Воронка	
46	Мензурки	
47	Стаканчики	
48	Капельник	
49	Палочки стеклянные	
50	Фарфоровая чашка	
51	Журналы фотографической съемки	
52	Набор фотографическ. материалов (проявитель, гипосульфит, дестиллированная вода, калий бромистый, калий едкий, квасцы, лимонная кислота, магний, спирт, натрий бромистый, натр сернистокислый и т. п.)	
53	Свечи стеариновые	
54	Материалы для ремонта: стальная и медная проволока, кусок черного бархата, запасные винты, синдетикон и т. п.	

плотно укладываются и упаковываются в ящик, лучше металлический, вставленный в плотный деревянный. Заснятые пластинки укладываются в коробки попарно, эмульсионной стороной внутрь с прокладкой между пластинками белой чистой папиросной бумагой. Каждая коробка пластинок крест-накрест схватывается изолировочной липкой лентой для предупреждения раскрытия коробок. Пластинки перед экспозицией (при зарядке) нумеруются на уголке мягким черным (не химическим) карандашом, сюжеты исполненных съемок заносятся в записную книжку (см. форму записей ниже), каждая коробка также нумеруется, это дает возможность впоследствии легко разобраться в материале при его обработке. Пленки требуют еще большего внимания при упаковке и предварительно также должны быть проверены пробными снимками; особенно это относится к кинопленке, качество которой часто бывает совершенно неудовлетворительным или близкое к этому.

Целесообразней работать на пластинках или пленках одной светочувствительности, одной фирмы или фабрики.

в) **Реактивы.** Если имеется в виду по мере производства съемки вести проявление экспонированного материала в экспедиционной обстановке, то кроме пластинок или пленок требуется взять запас фотореактивов, светочувствительной бумаги и вспомогательное оборудование. Из проявителей целесообразно применять универсальный метол—гидрохиноновый, фиксаж—обычно гипосульфит, далее нужно иметь бромистый калий, квасцы (для дубления при работе в жаркую погоду), спирт (для искусственной, ускоренной сушки негативов) и пр. по списку (см. ниже), заимствованному из работы проф. Е. В. Близняка: «Производство исследований рек, озер и водоразделов», 1934.

г) **Фотоаппараты.** Основное оборудование заключается в фотокамере. Для обычных снимков наиболее пригодный размер 9×12, для съемки крупных сооружений или особой детализации — крайне желательно иметь 2-й аппарат 13×18 см². Светосила объектива от 4,5 до 6,8; объектив лучше иметь двойной анастигмат с затвором Компаунд или Компур. Шторные затворы для экспедиционной работы не рекомендуются. Тип камеры, наиболее доступный к приобретению в настоящее время, — складная, с двойным растяжением меха. В настоящее время такие камеры «Фотокор». Из пленочных — портативная камера «ФЭД», размер кадров 24×36 мм.

Из заграничных камер следует отметить общеизвестные камеры Герца, Цейса, Фойхтлендера; из пленочных — портативную камеру «Лейка» и «ВОМП» и камеры Кодак. При работе с наиболее доступными типами камер применяются преимущественно металлические односторонние кассеты. К каждому аппарату в экспедицию желательно иметь запас их до 12 шт. Недостаток их тот, что они быстро портятся и начинают пропускать свет. Необходима предварительная проверка кассет, и если при работе обнаружатся дефектные кассеты, то их следует немедленно заменить новыми, но ни в коем случае не работать неисправными кассетами, так как снимки будут все равно испорченными и никакой ретушировкой нельзя удовлетворительно исправить засветы на негативах. Камера перед выездом в экспедицию также должна быть проверена, не пропускает ли мех свет, хорошо ли работает затвор (проверка скорости экспозиции при разных установках затвора). При выборе штатива не нужно увлекаться его портативностью, лучше взять хороший и устойчивый штатив. Моментальные снимки можно, достаточно быстро приспособившись, делать без штатива и последний применять только для съемки с выдержкой.

д) **Производство фотосъемочных работ.** Весьма ответственным и решающим при фотографировании является применение правильной экспо-

зиции. Имеется ряд таблиц и фотометров для ее определения («Митгол», «Совфото», «Макс Лео» и др.). Мы можем указать на достаточно простые и портативные таблицы, составленные Huilurd et Cousni, для пластинок средней чувствительности (170 по Хюртер-Дрифильду). Следует аккуратно вести журнал съемки, в который записывается выполняемая работа и условия, в которых производилась съемка. Примерную форму журнала можно было бы указать такую:

Образец журнала фотосъемки

№ снимков	№ коробок	Место съемки	Сюжет съемки	Месяц и число	Час съемки	Освещение	Облачность	Фильтр	Диафрагма	Экспозиция	Пластинки и их светосила	Примечание
245	13	Голодная степь Узб. ССР	Регулятор № на распределителе № вид со стороны верхн. бьефа	15/VII	15 ч. 40 м.	Солнечное	Светлые облака	Без фильтра	12	1/50	Обыкновен. 170	

е) **Проявление и печатание снимков.** Проявление пластинок, полную обработку негативов, изготовление позитивов нельзя рекомендовать производить в экспедиционной обстановке. Исключение может быть только для объектов, заснятых на панхроматических пластинках, проявление может производиться только для контрольной цели, для пробных снимков.

Проявленные негативы хорошо промываются, сушатся, тщательно классифицируются и получают свою окончательную нумерацию и каталогизацию. Со всех негативов делают отпечатки, которые наклеивают в альбом. Следовательно, окончательно обработанный материал после фотосъемок, сопровождавших те или иные исследовательские работы, должен заключаться: в негативах, журнале фотосъемки и альбоме фотоснимков; все эти три элемента составляют единое целое и в такой форме в последующем допускают хорошее и удобное использование этого материала.

ж) **Киносъемка.** До сего времени киносъемка в изыскательско-исследовательском деле в области водного хозяйства к сожалению не получила еще применения. Меж тем в некоторых случаях киносъемка дала бы несравненно более полноценный материал, чем обычная съемка. Применение киносъемки у нас может иметь место прежде всего в наиболее крупных объектах работы для описания таких явлений, как ледоход, зажоры, характерные участки реки, гидравлический режим сооружений и т. п. Повидимому своими силами в исследовательских отрядах обойтись без приглашения квалифицированного специалиста будет невозможно. В большей степени доступным, чем нормальная, пожалуй будет короткометражная киносъемка, с применением киносъемочных аппаратов типа «Кинамо» фирмы Цейс-Икон или ему аналогичного; все эти аппараты пока исключительно заграничного изготовления.

Литература

1. Близняк Е. В. Производ. исследов. рек, озер и водоразделов. М., 1934.
2. Давид Л. Практическое руководство по фотографии, ч. I, II. М., 1928.
3. Тихонов Н. П. Фотография в полевой работе. Л., 1932.
4. Д-р Фогель Э. Справочник по фотографии. М—Л., 1932.
5. Энглиш Е. Основы фотографии. М., 1931.

РАЗДЕЛ VI

СОСТАВ ИЗЫСКАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ

В настоящем разделе излагается содержание и состав исследований по различным целевым заданиям. В основном раздел трактует о комплексе изыскательских работ, и методам исследований уделяет место постольку, поскольку методы эти не нашли себе отражения в предыдущих разделах «Справочника».

Содержание и состав изыскательских работ приведены для двух стадий проектирования: проектного задания и технического проекта; однако это сделано лишь примерно поскольку официальных ведомственных инструкций по стадиям проектирования, предусмотренных постановлением СНК СССР от 23/V 1936 еще нет.

После опубликования официальных инструкций пользование настоящим разделом в части стадий изысканий необходимо корректировать данными указанных инструкций.

ГЛАВА I

СОСТАВЛЕНИЕ ВОДНОГО КАДАСТРА

§ 1. Водный кадастр СССР и организация его составления

1. Краткая история вопроса

Водный кадастр СССР (согласно уточнения междуведомственного совещания от 4 сентября 1935 г.) представляет собой приведенный в единую систему свод основных гидрологических и гидрогеологических сведений о водных об'ектах Союза, необходимых для общей ориентировки в вопросах о водных ресурсах в целях построения плана их пооб'ектного использования.

Это кратко сформулированное содержание водного кадастра СССР принято в настоящее время для работ по его составлению.

Водный кадастр должен состоять: а) из справочника о водных ресурсах, б) каталога вод с приложением атласа.

Водные исследования до революции были сосредоточены в различных ведомствах и предназначались почти исключительно для их текущих практических потребностей. В результате такой постановки дела получались данные, не удовлетворяющие требованиям других ведомств, результаты работ были несравнимы, что вызывалось различием в методике работ; отсутствие же органа, объединяющего водные исследования, сказывалось на разрозненности собираемых материалов, к тому же зачастую подвергавшихся утрате.

Поэтому в 1923 г. на конференции по изучению естественных производительных сил, состоявшейся в Москве, работа по водному кадастру была признана спешной, а в отношении итогов водных исследований была указана необходимость установления единообразных форм для них.

Резолюция I Всесоюзного гидрологического съезда, состоявшегося в 1924 г., подчеркнула важность водного кадастра для народного хозяйства Союза, указала необходимость единообразия его форм.

II Всесоюзный гидрологический съезд, состоявшийся в 1928 г., подтвердил постановление I съезда, признал составление водного кадастра делом государственной важности, установил, что работа по составлению водного кадастра может быть осуществлена лишь специальной санкцией правительства путем поручения этой работы особому органу с отпуском кредитов, соответствующих важности дела. Кроме того съезд постановил просить Государственный гидрологический институт образовать комиссию по вопросам водного кадастра. Эта комиссия, с представительством ведомств и учреждений: бывш. ВСНХ, НКПС, НКВОД, Наркомзема, Наркомздрава, Управления водного хозяйства, Академии наук СССР и др., и была образована и проработала до 1930 г.

Из особо важных постановлений комиссии следует отметить требование составлять водный кадастр по всем видам вод: рекам, озерам, болотам, подземным водам, ледникам и морям. Указанное требование могло быть выполнено лишь органом, одинаково заинтересованным всеми видами вод Союза. Таким органом и явился созданный Гидрометеорологический комитет Союза ССР, затем Центральное управление единой гидрометеорологической службы (ЦУЕГМС) ныне ГУГМС.

Бюро водного хозяйства Госплана СССР на заседании 8 июля 1930 г. постановило предложить по поручению Гидрометеорологического комитета СССР Государственному гидрологическому институту разработать программы составления водного кадастра, план работ, формы и инструкции по водному кадастру. Предложения, разработанные Государственным гидрологическим институтом, рассмотрены рядом совещаний в Госплане СССР, в Центральном управлении единой гидрометеорологической службы СССР, на различных конференциях и в конечном счете нашли свое логическое завершение в следующем постановлении № 186 Совета народных комиссаров Союза от 10 февраля 1933 г.

О составлении водного кадастра Союза ССР

1. Поручить Гидрометеорологическому комитету СССР и РСФСР составление под общим руководством Госплана СССР общего водного кадастра Союза ССР по всем видам вод СССР (морям, рекам, озерам, болотам, ледникам и подземным водам) с тем, чтобы эта работа была окончена по всем бассейнам и районам СССР к 31 декабря 1937 г.

Установление очередности и порядка проведения работ по составлению водного кадастра возложить на Госплан СССР.

2. Обязать все ведомства, учреждения и организации союзного, республиканского и местного значения произвести для нужд водного кадастра, не позднее 1 июля 1933 г., под руководством бюро водного кадастра, состоящих при Гидрометкомитете СССР и РСФСР и республиканских и местных органах гидрометслужбы, полный учет и систематизацию имеющихся у них изыскательско-проектировочных и исследовательских материалов по водным ресурсам.

3. Для общего руководства и согласования работ по составлению водного кадастра как по линии Гидрометкомитета и его органов, так и по линии различных ведомств поручить Госплану СССР образовать постоянное междуведомственное совещание по вопросам водного кадастра под председательством одного из заместителей председателя Госплана СССР в составе ответственных представителей Госплана, ГМК и заинтересованных ведомств и учреждений.

Обслуживание совещания возложить на сектор водных ресурсов Госплана СССР.

Зам. председателя Совета народных комиссаров Союза ССР.

В. Куйбышев

2. Составление справочников по водным ресурсам СССР

Одной из составных частей водного кадастра является справочник по водным ресурсам Союза.

Справочники по постановлению Группы водного хозяйства Госплана Союза ССР от 24 июня, подтвержденному постановлением президиума Госплана СССР за № 28 от 9 июля 1931 г., должны быть составлены по имеющимся материалам и удовлетворить потребности развивающегося хозяйства в сведениях о наших водных ресурсах, хотя бы по неполным и несовершенным данным. Не заменяя собой водного кадастра, справочник должен помочь: а) плановым работникам ориентироваться в гидрологических условиях всех районов Союза; б) хозяйственникам получить сведения о степени изученности вод Союза и о необходимом направлении дальнейших специальных исследований.

3. Цели и сущность водного кадастра

а) **Сведения о водах в кадастре.** Сведения о водах Союза, включаемые в водный кадастр, должны удовлетворять различным запросам народного хозяйства для общей ориентировки в вопросах о водных ресурсах в целях построения плана их пооб'ектного использования.

Объем и характер кадастровых работ состоит как в необходимых исследованиях, производимых организациями Центрального бюро водного кадастра (ГУГГМС) непосредственно, так и (главным образом) в сборе, систематизации, обработке и увязке материалов, имеющихся в распоряжении специальных изыскательских, исследовательских и проектирующих организаций для получения возможности полного и всестороннего использования этих материалов.

В дальнейшем, поскольку развивающееся народное хозяйство будет предъявлять более расширенные и углубленные требования, работа по водному кадастру должна итти по пути постоянного продолжения и углубления произведенных ранее исследований, оформляясь в виде дополнительных выпусков и томов к основному изданию водного кадастра.

б) **Состав водного кадастра и его формы.** В состав водного кадастра входят следующие разделы:

1. Справочники по водным ресурсам СССР * с приложением атласа.
2. Каталог вод СССР с приложением атласа.

Программа справочника построена с подразделением его содержания на пять частей-глав.

Первая глава посвящена описанию географических основ гидрологии района (рельеф, геоморфология, геология, климат, почвы, растительный покров) в их связи с водами последнего. Так, построенное изложение главы должно дать читателю возможность иметь ключ к пониманию гидрологических процессов и самой гидрографии, рассматриваемых как следствие комплекса элементов ландшафта, а также получить возможность освещать водные условия для объектов, еще не изученных, используя для этого методы аналогий и интерполяций.

Вторая глава отведена для освещения вопросов экспедиционной и стационарной изученности района в гидрологическом отношении, также изученности района в гидрометеорологическом отношении. Ввиду того что для водохозяйственного проектирования имеют существенное значение помимо указанных моментов и данные по картографии и гипсометрии, последним также уделено большое внимание в рассматриваемой главе.

* См. выше, § 1, п. 3.

Третья глава дает характеристику вод района в виде кратких систематических очерков для отдельных его водных объектов. Описанию подвергнуты объекты, обладающие следующими тремя признаками: а) величина водного объекта; б) хозяйственное его значение и в) типологическое значение для района.

Описание сопровождается табличным и графическим материалом, поясняющим текстовое описание.

Четвертая глава посвящена описанию общих гидрологических условий района.

Последняя, пятая, глава освещает вопросы использования вод района. Описанию подвергнуты следующие отрасли народного хозяйства и мероприятия по водному хозяйству: а) водный транспорт; б) гидроэнергетика; в) водоснабжение — городское, промышленное и железнодорожное; г) орошение и обводнение; д) осушение; е) водные промысла (рыбное хозяйство, соледобыча); ж) использование вод для лечебных целей; з) разрушительная деятельность вод и борьба с нею; и) комплексные водохозяйственные мероприятия.

Эта программа и послужила для составленных и ныне печатаемых справочников по водным ресурсам Союза.

Всего по водам суши намечено к изданию 18 томов, а по омывающим Союз ССР морям 11 томов.

Районы для вод суши следующие:

I. — Ленинградский и Карело-Мурманский район
II. — Северный край
III. — Верхнее Поволжье
IV. — Среднее Поволжье
V. — Нижнее Поволжье
VI. — Донской бассейн
VII. — Белоруссия и Верхнее Приднепровье
VIII. — Украина
IX. — Северный Кавказ
X. — Крым
XI. — Закавказье
XII. — Урал и Южное Приуралье
XIII. — Северный Казахстан
XIV. — Средняя Азия
XV. — Западная Сибирь
XVI. — Восточная Сибирь
XVII. — Якутия
XVIII. — Дальний Восток

По морям намечены следующие справочники:

I. — Финский залив
II. — Белое море
III. — Баренцово море
IV. — Карское море
V. — Черное море
VI. — Азовское море
VII. — Каспийское море
VIII. — Японское море
IX. — Охотское море
X. — Берингово море
XI. — Восточносибирское море и море Лаптевых

Каждый том справочника сопровождается особым выпуском, содержащим список гидрологической литературы для данного района, а также список литературы, цитированной в справочнике.

Кроме того намечается к изданию сводный справочник по водам суши для всего Союза ССР.

Справочник издается в форме табличного и картографического материала с краткими текстовыми пояснениями.

Программа сводного справочника по водам суши Союза ССР:

Глава I — Изученность вод СССР.
Глава II — Подсобные сведения.
Глава III — Водные ресурсы СССР:
а) по разделу «Реки»
б) по разделу «Озера и пруды»
в) по разделу «Болота»
г) по разделу «Подземные воды».

Справочники по водным ресурсам Союза должны быть выпущены из печати не позднее 1937 г.

Основной работой по водному кадастру во втором пятилетии является составление каталога вод и гидрологического атласа.

1. Каталог вод СССР или каталог основных сведений о водах СССР в общем составе водного кадастра рассматривается как основная его часть, представляющая сумму (свод) наших основных сведений по всем видам вод Союза. Все остальные части водного кадастра будут составляться или в развитие и дополнение к каталогу вод (гидрологический атлас, порайонные гидрологические монографии, формуляры водных объектов) или послужат к нему дополнением (систематический каталог архивных материалов по водным ресурсам Союза ССР, материалы для водного кадастра).

Формы водного кадастра в соответствии с характером приводимых сведений разбиваются на следующие серии:

А. Гидрометеорология. } часть «междуобъектная»

1. Реки
2. Озера и пруды
3. Болота
4. Подземные воды
5. Ледники
6. Моря
} часть «объектная»

Приведенный перечень серий можно разбить на две части: междуобъектную (гидрометеорология) и объектную (реки, озера и пруды, болота, подземные воды, ледники, моря), каковое разделение продиктовано следующими соображениями.

Весь Союз ССР районирован в географо-гидрологическом отношении и составляются карты «своих» и «чужих» вод.

Воды, имеющие происхождение в пределах данного ландшафта, являются для этого ландшафта своими водами; воды, которые являются порождением отдаленных территорий или отдаленных участков земной коры, для данного ландшафта являются чужими. Они пришли в данный ландшафтный район транзитом из других районов, или наземными руслами или подземными путями *.

В каталог вод включаются все чужие воды, описываемые индивидуально, для чего и предназначены объектные серии. Все остальные воды

---

* Например р. Аму-Дарья и Сыр-Дарья чужды окружающему их ландшафту пустынь. Реки эти притекли в пустыни с ледниковых горных среднеазиатских пространств, воды этих рек порождены водами, чуждыми пустыням, где реки только теряют свои воды на испарение.

Река Иртыш от г. Семипалатинска до г. Омска — река чужая по ее режиму, окружающему ее ландшафту засушливой Кулундинской степи. Режим р. Волги „чужд" нижневолжским степям.

Озеро, получившее свое питание из других районов, будет чужим для района, в котором оно находится. Озеро, питающееся водами своего района, ландшафт которого обусловливает весь водный режим озера, будет „своим" для данного района.

Река, получающая свое питание внутри данного ограниченного района, с характерными чертами ландшафта которого связан режим вод этой реки, будет рекой „своей" для данного ландшафта.

По отношению подземных вод „своими" их можно считать тогда, когда нет переноса этих вод из данного района в соседний, т. е. эти воды всегда остаются внутри

(свои) описываются в групповом порядке в серии площадных характеристик вод.

Такое построение описания воды позволяет связать для выделенных районов все разнообразные виды вод в единый гидрологический комплекс с конкретными формами связи, дающими возможность значительно упростить описание всего водного комплекса и его отдельных частей. Индивидуально описывать придется помимо чужих вод лишь выделенные из всей массы водных объектов типовые водные объекты. Благодаря этому методу описания вод отпадает необходимость ставить в зависимость от размера водного объекта вопрос о включении его в каталог вод.

Этот принцип и принят за правило для включения водных объектов в каталог вод. Но принимая во внимание наличие довольно обширного, уже собранного, гидрологического материала прежних исследований, с одной стороны, с другой — наличие заинтересованности нашего водного хозяйства конкретно в том или ином водном объекте, часто независимо от размера последнего, решено и все такие объекты (т. е. изученные уже и хозяйственно важные) также включить в каталог вод.

Каждая объектная серия состоит из частей: а) гидрографической, б) режимной.

За недостатком места ниже приводятся лишь перечни форм по отдельным его сериям, без указания содержания самих форм.

Серия А — Гидрометеорология

Будет издаваться по линии метеорологии

I серия: «Реки»

Форма Р—1 Основные характеристики рек Союза ССР
» Р—2 Список гидрологических станций и водомерных постов
» Р—3 Ежегодные сведения о характерных уровнях воды
» Р—4 Ежегодные сведения о среднемесячных и характерных расходах воды
» Р—5 Ежегодные сведения о среднемесячных расходах взвешенных и влекомых наносов
» Р—6 Ежегодные сведения о среднемесячных температурах воды
» Р—7 Сведения о химическом составе воды
» Р—8 Бактериологические данные
» Р—9 Гидробиологические данные

Кроме этих форм к каталогу вод в части серии «Реки» намечены приложения:

1. Краткие пояснения к таблицам
2. Алфавитный список рек (наименование реки и номера форм, в которых помещены сведения по ней)
3. Карта гидрологических станций
4. Кривые расходов, площадей и скоростей по пунктам с длительностью наблюдений не менее 1 года с охватом не менее 50% амплитуды колебаний с нанесением на них точек непосредственных наблюдений.

того района, в котором они получили свое основное питание. Воды же, вышедшие из данного ландшафта и перешедшие в другой, будут „чужими“ для второго.

К категории „чужих“ подземных вод можно отнести все грунтовые потоки, сопровождающие чужие реки; сюда же относятся воды глубоких водоносных горизонтов, которые обычно настолько удалены от поверхности земли, что на их режиме в весьма слабой степени отражаются влияния ландшафта, среди которого они получили свое питание.

5. Продольные профиля по наиболее крупным рекам и графики нарастания площадей бассейнов.

Примечание. По форме Р—2 опубликовываться будут лишь данные по станциям и постам, имеющим не менее 1 года полных наблюдений, остальные же будут опубликовываться лишь в виде перечня (река, пункт) в особом приложении.

По форме Р—3 опубликовываются лишь данные по станциям, имеющим не менее 2 лет непрерывных наблюдений. Средние месячные уровни по годам опубликовываются только для судоходных и главнейших рек.

По форме Р—4 опубликовываются лишь данные станций, имеющие не менее 1 года надежных наблюдений.

По форме Р—6 опубликовываются лишь данные по станциям, имеющим не менее 3 лет-сезонов наблюдений.

По форме Р—7, Р—8 и Р—9 опубликовываются данные по систематическим наблюдениям с периодом не менее 1 года.

II серия «Озера, пруды и искусственные водоемы»

Форма 0—1 Основные характеристики озер и искусственных водоемов СССР
» 0—2 Сведения о водопостах и лимнологических станциях
» 0—3 Сведения об уровнях воды
» 0—4 Сведения о температуре воды
» 0—5 Сведения о вертикальном распределении температур воды и растворенных газов
» 0—6 Сведения о химическом составе пресных озер
» 0—6а Сведения о химическом составе соленых озер
» 0—6б Сведения о степени концентрации и времени садки солей
» 0—7 Бактериологические данные
» 0—8 Гидробиологические данные
» 0—1п Общие сведения о прудах

Кроме этих форм к каталогу вод в части серии «Озера, пруды и искусственные водоемы» намечены приложения:

1. Краткие пояснения к таблицам
2. Алфавитный список озер, прудов и искусственных водохранилищ (наименование и номера форм).
3. Карта водоемов района (озер, прудов и искусственных водохранилищ).
4. Батиметрическая карта наиболее крупных озер и прудов.

Примечание. В форме 0—1 указывается и народнохозяйственное использование озера.

По форме 0—2 опубликовываются лишь данные не менее 1 года.

По форме 0—3 средние месячные уровни даются только по средним и крупным озерам со сроком наблюдений не менее 1 полного года.

По формам от 0—4 до 0—8 опубликовываются лишь характерные данные.

По форме 0—1 п опубликовываются данные по прудам не менее 1 га.

III серия «Подземные воды и источники»

Форма П—1 Каталог колодцев
» П—2 Каталог источников
» П—3 Каталог буровых скважин
» П—3а Геологический разрез скважин
» П—4 Каталог кяризов
» П—5 Каталог сведений о шахтных водах
» П—1а—5а Дебит источников, кяризов, шахтных вод (или уровень воды в колодцах и буровых скважинах)
» П—1б—5б Температура воды колодцев, источников, буровых скважин, кяризов, шахтных вод
» П—6 Сведения о химическом составе подземных вод
» П—6а Сведения о химическом составе воды подземных источников

Кроме этих форм к каталогу вод в части серии «Подземные воды и источники» намечены приложения:

1. Краткие пояснения к таблицам
2. Перечень учтенных колодцев и скважин в алфавитном порядке (наименование и номера форм)
3. Гидрогеологическая карта района

Примечание. По форме П-1 и П-2 опубликовываются полностью лишь данные по типичным колодцам и источникам, по остальным только сокращенно.

По формам П—1а—5а и П—1б—5б опубликовываются лишь по объектам, по которым имеются регулярные режимные наблюдения.

По форме П—6а опубликовываются лишь данные по источникам с наличием систематической изученности.

IV серия: «Ледники»

Форма Л—1 Каталог ледников с приложением кратких пояснений

V серия: «Болота»

Форма Б—1 Основные характеристики заболоченных территорий СССР с приложением:

1. Кратких пояснений к таблице
2. Алфавитный список учтенных болотных массивов
3. Карта размещения болот

VI серия: «Моря»

Форма М— 0 Основные характеристики морей СССР
» М— 1 Список морских гидрометеорологических станций
» М— 2 Состав наблюдений гидрометеорологической сети
» М— 3 Список гидрометеорологических постов
» М— 4 Список гидростворов
» М— 5 Список гидрологических вертикалей
» М— 6 Морские экспедиционные исследования
» М— 7 Гидрографические, геодезические и топографические работы
» М— 8 Портовые промышленные и другие изыскания
» М— 9 Попутные (судовые, самолетные) гидрометеорологические наблюдения
» М— 10 Каталог карт, планов и картограмм
» М— 11 Каталог архивных материалов
» М— 12 Температура воздуха
» М— 13 Абсолютная и относительная влажность воздуха
» М— 14 Осадки
» М— 15 Продолжительность и интенсивность осадков
» М— 16 Высота и плотность снегового покрова
» М— 17 Даты наступления первого и последнего мороза и различных изменений в состоянии снегового покрова
» М— 18 Облачность и солнечное сияние
» М— 19 Ветер
» М— 20 Ветер—повторяемость
» М— 21 Разные явления в атмосфере
» М— 22 Гидрометеорологические наблюдения (по рейсам)
» М— 23 Глубоководные гидрологические и гидрохимические наблюдения
» М— 24 Анализ солевого состава вод
» М— 25 Каталог разовых наблюдений над течениями
» М— 26 Каталог многочасовых наблюдений над течениями и над изменением гидрологических и гидрохимических элементов

Форма М— 27 Каталог элементов волн
» М— 28 Каталог физических и химических свойств льда
» М— 29 Каталог донных грунтов
» М— 30 Температура и соленость поверхностного слоя воды по квадратам моря
» М— 31 Поквадратный каталог гидрометеорологических наблюдений
» М—32а Рейдовые наблюдения в безливных морях
» М—32б Рейдовые наблюдения в ливных морях
» М—33а Годовой ход, обеспеченность и характерные уровни в безливных морях
» М—33б То же в ливных морях
» М—33в Главные характеристики и негармонические постоянные
» М—33г Гармонические постоянные
» М—34а Скорости и направления течения в безливных морях
» М—34б Скорости и направления течения в ливных морях
» М—35а Расходы воды и наносов, измеренные в проливах, в каналах, в безливных морях
» М—35б То же ливные расходы
» М—35в Ход гидравлических характеристик по часам фазы
» М—36 Годовой ход и повторяемость степени волнения
» М—37 Годовой ход температуры воды, солености, удельного веса
» М—38 Мутность воды
» М—39а Состояние льдов по наблюдению береговых станций и постов
» М—39б Замерзание и вскрытие прибрежных открытых частей моря
» М—39 Толщина льда
» М—39г Состояние льда
» М—40 Характерные уровни в устьях рек
» М—41 Расход жидкий и его обеспеченность, расход твердый тепловой и растворенных веществ
» М— 42 Гидробиологические исследования
» М— 43 Организация моря
» М— 44 Микробиологические исследования.

Кроме этих форм к каталогу вод в части серии «Море» намечены приложения:

1. Краткие пояснения к таблицам
2. Карта морей с нанесением стационарной гидрометеорологической сети и экспедиционных исследований.
3. Указатель источников, использованных для составления каталога
4. Библиографический указатель (без аннотаций)
5. Карта распределения и состояния льдов по морям, по декадам ледового периода

Гидрологический атлас. Атлас должен дать графическое наглядное изображение сведений о водах Союза, помещенных в каталоге вод, а кроме того дать графическое изображение пространственных изменений гидрологических характеристик и норм.

Графическое оформление атласа намечено провести по двум главнейшим разделам:

а) общего гидрологического атласа, охватывающего своим содержанием воды суши всего Союза ССР, и б) по водам моря

Выход в свет гидрологического атласа намечен во 2-е пятилетие.

В дальнейшем намечено составление монографий по водным объектам. Гидрологические монографии предназначены для исчерпывающего описания вод, в их комплексе целого района, в границах с идентичными гидрологическими условиями (сток, зимний режим, химизм и т. п.). Подобное монографическое описание района в гидрологическом отношении явится весьма существенным дополнением к отдельно составленным формулярам водных объектов (см. ниже), тем самым осуществляя исчерпывающим образом всестороннее освещение вод Союза (составление и выход в свет этих материалов намечен на 3-ю пятилетку).

§ 2. Исследования для составления водного кадастра

Каталог вод, как видно из предыдущего, должен дать систематизированный свод сведений по всем водным объектам, а гидрологический атлас в одной из своих частей, являясь результатом обработки материалов, помещаемых в каталоге вод, должен дать картографическое изображение гидрологических норм и характеристик, необходимых для водохозяйственного планирования и проектирования. Для составления атласа требуется большое количество данных о режиме вод и большое количество пунктов наблюдений над режимом вод.

Отсюда вытекает необходимость ряда исследований:

1. Топографические исследования

Топографические исследования должны дать картографический материал как основу для кадастра и гидрологического атласа. В этом отношении предположено наиболее полно использовать материалы всех имеющихся съемок.

2. Гидрологические исследования

а) **Принципы организации сети.** Для составления гидрологического атласа необходимо, чтобы пункты гидрологической сети были размещены на территории таким образом, чтобы можно было, на основе материалов, полученных на гидрологической сети, путем интерполяций получать в любой заданной точке все те данные, которые будут наблюдаться на станциях сети.

Для этого необходимо рациональное размещение пунктов наблюдений над режимом вод на всех водных объектах и достаточный объем этих наблюдений для заполнения всех форм каталога вод и для последующего составления гидрологического атласа.

Государственным гидрологическим институтом ГУЕГМС запроектирована комплексная гидрологическая сеть на всех водных объектах (озерах, болотах, реках, подземных водах и ледниках).

Для целей составления кадастра предполагается применить метод комплексного географо-гидрологического изучения вод, который позволяет устанавливать причинную связь всех вод данного района во всех видах водных объектов с географическим ландшафтом.

С помощью этого метода представляется возможным, имея данные о режиме вод района и хорошую изученность всех элементов географического ландшафта, устанавливая соотношения между элементами ландшафта, включая в него и воды, устанавливать различные гидрологические нормы и характеристики, свойственные разным типам ландшафта и разным географическим зонам.

Гидрологические нормы, характеристики и параметры зависимостей между отдельными чертами ландшафта, в том числе и гидрологического режима, могут быть нанесены на географическую карту страны в виде изолиний величин параметров зависимостей, модулей, норм и т. д.

Так могут быть составлены карты средних годовых модулей стока, карты сезонных модулей стока, карты изолиний параметров уравнений, связывающих модули максимальных расходов с площадью водосбора, длиною лога, его уклоном, карты количества сухого остатка на литр стока за год, за сезон, карты термического состояния вод за различные промежутки времени и т. д.

Изображение в изолиниях конечно возможно только тех величин элементов режима, которые имеют непрерывное изменение при переходе из одной точки территории в соседнюю. Эти изменения следует разделить на изменения режимных величин по длине, площади и объему отдельных водных объектов и на изменения на площади данной территории, на которой происходит развертывание изучаемого гидрологического процесса.

Таким образом намечается два вида решения задачи: пообъектное и порайонное. В одном случае изучаются отдельные водные объекты, а во втором — гидрологические процессы во всех водных объектах, во всем комплексе вод данного ландшафта.

Гидрологическая сеть для сбора материала по составлению каталога вод и гидрологического атласа должна удовлетворять следующим основным условиям:

1) Сеть должна дать достаточный материал для установления величин элементов режима вод, необходимых для водохозяйственного проектирования в каждой точке территории, для каждой точки внутри всех водных объектов (озер, рек, болот, подземных вод).

2) Установление величин элементов режима вод, на основе работы станций, должно производиться с заданной точностью, достаточной для разрешения вопросов водохозяйственного проектирования и для синоптического освещения режима вод. При этом степень точности должна быть увязана со степенью хозяйственного освоения территории.

3) Повышение точности установления величин элементов режима должно вызывать большую густоту постов и станций, но вся сеть, которая была при более пониженной точности, должна сохраняться.

4) Число пунктов для наблюдений должно быть минимальным по территориально различным в зависимости от той точности, которая устанавливается для различных районов путем географо-экономического районирования (поконцентровое разделение всей территории).

5) Пункты сети должны быть размещены так, чтобы на основе данных наблюдений на сети, путем интерполяций между точками наблюдений, получить в каждой заданной точке территории все гидрологические характеристики и расчетные нормы с заданной точностью.

Гидрологические посты для рек проектируются на всех крупных притоках при их впадении в реку и на самой реке в месте впадения в нее притока.

Как бы река ни была мала, но если она относится к группе чужих рек, то на ней устанавливаются посты в устьях достаточно больших ее притоков.

Интерполирование по длине реки величин элементов режима вод можно делать только на участках реки с равномерной приточностью без крупных включений притока, почему каждый участок реки с равномерной приточностью должен освещаться двумя постами.

Критерий равномерности притока можно установить из условия недопущения включения достаточно крупных притоков.

Не следует устанавливать постов на притоках, бассейны которых меньше 15—20%, 10—15% и 5—10% от всей площади бассейна для створа реки ниже устья притока.

На чужих озерах, проточных, посты ставятся обязательно для учета регулирующего их влияния на сток.

На бессточных чужих озерах пост также должен быть поставлен.

Специальной сети на чужих водных объектах подземных вод, болот и ледников не ставится, но они присоединяются к речным и озерным как обязательная составная часть последних.

Каждая речная или озерная станция ведут наблюдения над режимом подземных вод, и если имеется связь с режимом болот и ледника, то ведутся наблюдения на этих же станциях над режимом ледника или болота.

По существу в реках наиболее выражен процесс переноса воды из одного ландшафта в другой, в связи с чем наибольшее число постов устанавливается на чужих реках и частью чужих озерах, режим же своих вод в наибольшей степени будет освещаться стоковыми станциями и станциями озерными, болотными и на подземных водах.

б) Как на чужих водных объектах, так и на своих путем стационарной службы и экспедиций должны изучаться следующие элементы гидрологического режима:

1) колебания во времени количества воды, текущего по руслу или накопляющегося в водоеме;

2) колебания уровня воды и уклона водной поверхности;

3) изменения формы водного объекта (медленно изменяющиеся и имеющие сезонные изменения, в том числе все русловые процессы);

4) гидрофизические, гидрохимические и биологические процессы внутри водной массы.

Основным элементом является количество и свойства воды, протекающей в русле и накопляющейся в водоемах.

Для своих вод изучение должно вестись не в пообъектном разрезе, а в порайонном (см. выше), в связи с чем для своих вод выделяются комплексные балансовые станции.

в) **Балансовые станции** устанавливаются на территории различных ландшафтных районов, на них ведутся наблюдения над всеми перечисленными выше элементами гидрологического процесса, и результаты их наблюдений дадут возможность подсчитывать баланс притока в ландшафтный район, вытекания из него и накопления или потери в нем жидкого расхода, твердого, растворенного, количества тепла и т. д. Станции обслуживают однообразные по условиям стока ландшафтные районы.

3. Геологические и гидрогеологические исследования

Для составления кадастра поверхностных вод нужны лишь общие геологические сведения; особенно важны они для своих вод, как характеристика ландшафта, определяющего ряд характеризующих район данных, норм и пр.

Гидрогеологические данные собираются попутно с геологическими, но при характеристике подземных вод для кадастра гидрогеологические исследования имеют некоторый специфический уклон. В § 1 настоящей главы дан перечень материалов и необходимых сведений о подземных водах (колодцы, источники, буровые скважины, кяризы, рудничные и шахтные воды и пр.).

4. Собирание материалов для кадастра

Составление водного кадастра по всем видам вод СССР поручено Центральному управлению единой гидрометеорологической службы (ЦУЕГМС ныне под общим руководством Госплана СССР.

При ГГИ состоит бюро водного кадастра (ЦБВК), которое и руководит всеми работами по кадастру как производящимися в органах Гидрометеорологической службы, так и в посторонних ей ведомствах и учреждениях, привлекаемых к этой работе.

Правительством Союза ССР возложено на все ведомства, учреждения и организации союзного, республиканского и местного значения обязательство произвести полный учет и систематизацию имеющихся у них материалов по водным ресурсам для нужд водного кадастра. Увязка работ различных ведомств производится постоянным междуведомственным совещанием по вопросам водного кадастра в составе ответственных представителей Госплана, ГУЕГМС и заинтересованных ведомств и учреждений.

§ 3. Учет и хранение гидрологических материалов

Начало систематическому сбору гидрологических материалов было положено в Союзе в конце семидесятых годов прошлого столетия, и за истекший период собран весьма обширный материал.

Подведение итогов уже проведенного изучения наших водных ресурсов, планирование исследований их в дальнейшем, а также использование гидрологических материалов возможны лишь при надлежащей постановке работы по учету и систематизации гидрологических материалов.

Материалы прежних исследований могут быть разбиты на три категории: 1) материалы гидрологического характера, опубликованные в Союзе (также за границей, но освещающие наши воды); 2) материалы гидрологические, не опубликованные, хранящиеся в архивах разных ведомств, в том числе и в архивах Единой гидрометслужбы, и наконец 3) картографические материалы. Последние материалы хотя и не являются чисто гидрологическими материалами, но для освещения вод в гидрографическом отношении имеют существенное значение, поэтому и учитываются в серии площадных характеристик вод.

а) **Опубликованные материалы** со сведениями о наших водах, представляя собою литературные источники по гидрологии Союза, являются весьма солидным собранием данных о водах Союза и при задании, поставленном водному кадастру, — использовать исчерпывающим образом все сведения о наших водных ресурсах, естественно должны быть учтены. Учет этот делается путем составления библиографических сводок. Выполнение библиографических работ возложено на Центральное бюро гидрологической библиографии Государственного гидрологического института, которое и проводит все работы по библиографированию гидрологической литературы (для водного кадастра исчерпывающим образом) по специально разработанным схемам и правилам*.

б) **Не опубликованные материалы гидрологического характера,** о которых собственно и трактуется в постановлении президиума Госплана СССР и в постановлении Совнаркома СССР, хранятся в разных ведомственных архивах Союза. Учет их по всему СССР подходит в настоящее время к концу.

---

* См. „Инструкцию по библиографированию гидрологической литературы", издание Государственного гидрологического института, 1931.

Хранение и передача гидрологических материалов из одного органа в другой регламентируются специальной инструкцией*, возлагающей ответственность за выявление, учет и хранение указанных материалов независимо от места их хранения на Бюро водного кадастра.

в) **Учет материалов.** Способы учета, постановка всей работы подробно изложены в той же специальной инструкции.

Во главе всего дела стоит Центральная секция учета и хранения Государственного гидрологического института (ГГИ) Главного управления Единой гидрометеорологической службы СССР.

Все органы гидрометслужбы, также все иные ведомства и организации, имеющие гидрологические материалы, проводят у себя их учет, сообщая об этом в упомянутую Секцию учета и хранения (ГГИ).

Весь учетный материал каталогизируется, и Секция учета и хранения ведет «Общий систематический каталог архивных материалов по водным ресурсам Союза ССР». Этот каталог уже к 1/I 1936 г. насчитывал более 640 000 карточек учтенных материалов.

Учету подлежат не только не опубликованные материалы, но и те печатные, которые не подвергаются библиографированию в Центральном бюро гидрологической библиографии ГГИ, а именно: а) все издания, вышедшие на правах рукописи, б) всякого рода печатные материалы ведомственного характера (независимо от года издания) в виде записок, докладов, отчетов и т. п.

Указанные материалы учитываются в том же порядке, как и материалы рукописные, и входят в общий систематический каталог. Следует также отметить, что при положительной оценке полученного в Секции учета и хранения материала (карточек на учтенные материалы с аннотациями — кратким содержанием материала), на последний составляются рефераты, в последующем могущие позволить использование их для описания вод и т. п.

Помимо текущего учета гидрологических материалов на местные органы Единой гидрометслужбы возлагается обязанность поддерживать тесную связь со всеми ведомствами, учреждениями и организациями, ведущими изыскательско-проектировочные и исследовательские работы по водному хозяйству. Эти же последние органы ведут:

1) учет всех выполняемых указанными организациями изыскательских и исследовательских работ (тем) по водному хозяйству и

2) учет всех программ и планов изыскательских, проектировочных и исследовательских работ по водным ресурсам.

Сводки по всем указанным работам сосредоточиваются в Центральном бюро водного кадастра (ЦБВК).

В целях достижения возможно более широкого практического использования результатов уже исполненых водохозяйственных исследований и изысканий, а также уже завершенных работ по водному кадастру и лучшего удовлетворения потребностей различных ведомств в фактических данных о водных ресурсах Союза, степени их изученности, наличия и местонахождения материалов, а также в организованной выдаче заинтересованным органам и лицам обоснованных справок, указаний и консультаций—признана целесообразным организация в составе ГУГМС в Москве Центрального Гидрологического справочного бюро.

---

* Подробности см. в „Инструкции для учета и хранения гидрологических материалов в органах Единой гидрометеорологической службы СССР", 2-е издание Государственного гидрологического института, 1933 г.

Литература к главе I

1. Известия Государственного гидрологического института. Л. 1931, № 37. (Постановления Госплана СССР № 28 о водном кадастре и программы).
2. То же, 1932, № 42 (программы и инструкция по составлению порайонных справочников по водным ресурсам Союза).
3. Инструкция по библиографированию гидрологической литературы, изд. ГГИ, Л., 1931.
4. Инструкция для учета и хранения гидрологических материалов в органах Единой гидрометеорологической службы СССР, изд. ГГИ, 1933 г.

ГЛАВА II

ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ

§ 4. Основные задачи и составные части изысканий

Ввиду того что источник орошения очень часто является и источником энергии и кроме того он может быть судоходным, наконец рыбное хозяйство также может быть заинтересовано в водной артерии, намечаемой к использованию на орошение , то проект орошения в большинстве случаев не является только ирригационным проектом. Даже проект орошения небольшой площади (порядка 10—15 тысяч га) всегда должен дать ответ на запросы энергетики: какого порядка ГЭС могут быть устроены в данном районе, дабы реконструкция сельского хозяйства на социалистических основах и организация территории получили стройную и вполне законченную картину с использованием всех возможностей и ресурсов природы данного района.

Важнейший вопрос, который должен быть решен в самом начале, при возникновении мысли об орошении данного района, — это вопрос о пригодности почв для произрастания с.-х. культур, и уже после этого можно начать вести проработку задуманной идеи.

1. Выбор и изучение источника орошения

а) **Река.** Зародившаяся мысль об орошении данного района может быть осуществлена разными путями; чаще всего встречаемый способ — это вывод воды каналом из реки и последующее распределение ее более мелкими каналами (распределителями и оросителями) по орошаемой территории («самотечное» орошение). Вода на орошаемую площадь может из реки же подаваться и насосами в каналы, это так называемое машинное орошение. Та же река в пойменной части во время весеннего паводка может задерживаться специально устроенными валами и при спаде горизонта, вода за валами остается и впитывается в почву («лиманное» орошение).

Далее река может оказаться очень маловодной, во всяком случае настолько, что возможных к орошению площадей земель будет много больше, чем запасы воды в реке в вегетационный период. Тогда оросительную мощь реки увеличивают путем устройства в верхнем течении ее **водохранилища**, где задерживаются и скапливаются зимние воды и расходуются затем на орошение вместе с летней водой в вегетационный период. Во всех упомянутых случаях источником орошения является река.

б) **Подземные воды.** В некоторых районах орошение земель может быть осуществлено путем использования грунтовой воды, или непосредственно выходящей на дневную поверхность в виде родников, или путем откачки ее из колодцев или скважин.

Наконец возможно получение и артезианской воды из более глубоких слоев земли.

Во всех случаях необходимо произвести выбор источника орошения путем предварительного тщательного изучения литературы по интересующему району, сбора и изучения всех материалов гидрологических и гидрогеологических из не опубликованных, но производившихся ранее исследований разными организациями быть может и для других целей.

Окончательный выбор источника орошения делается уже на основе не только упомянутых выше материалов, но также и специальных исследований (см. ниже).

2. Исследования условий подачи воды от источника орошения на орошаемую площадь

а) **Орошение из реки.** Если источником орошения служит река, то из реки вода на орошаемую площадь может быть подана или самотеком по каналу или механическим поднятием воды (насосами) или путем устройства подпора воды на реке при посредстве плотины.

Во всех случаях для решения задачи, каким путем лучше подать воду на орошаемую территорию, необходимо иметь топографические данные (планы в горизонталях) той или иной подробности и точности, и гидрологическую характеристику реки. Для того чтобы выбрать тип сооружения надлежащей конструкции, необходимы инженерно-геологические исследования мест, намеченных под эти сооружения.

б) **Орошение подземными водами.** Если источником орошения являются грунтовые воды, то прежде всего должны быть материалы гидрогеологические и геологические, по которым должно определиться и место забора (откачка ли или использование родников, наконец устройство кяризов и т. п.). Все эти геологические и гидрогеологические данные должны быть получены на основе топографических данных (планы в горизонталях).

Выбор способа передачи воды от места ее забора до орошаемых площадей производится на основе плана в горизонталях.

3. Исследования орошаемой площади

Для выяснения вопроса о необходимых мелиорациях надо произвести почвенно-ботаническую съемку с попутным изучением водно-физических свойств почвогрунтов и последующей мелиоративной оценкой земель. В этом же направлении столь же необходимы геологическая и гидрогеологическая съемки орошаемой территории. Оба эти вида исследований дают возможность запроектировать рациональную ирригационную сеть (как оросительную, так и водосбросную), гарантирующую в будущем правильное использование земли и именно орошения ее, беззаболачивания и засолонения.

Для проектирования ирригационной сети необходим план в горизонталях (топографические изыскания). Для подсчета объема работ по каналам необходимы трассировки этих каналов и их нивелировки.

4. Исследования условий отвода воды с орошаемых площадей

Отвод воды с орошаемых площадей обычно производится открытыми каналами самотеком и в редких случаях путем откачки и передачи ее каналами или трубопроводами в более пониженные места. Последний способ применяется в тех случаях, когда рельеф местности представляет собой замкнутую котловину и, если воду не откачивать, может получиться болото или даже озеро.

Для определения метода отвода воды необходимо иметь топографическую съемку в горизонталях. Кроме того необходимо иметь данные гидрогеологические и гидрометрические (колебание горизонта воды, если отвод

воды предполагается произвести в реку) в тех местах, где выходят наиболее пониженные места предположенного под орошение района.

Все перечисленные в пунктах 1—4 исследования могут производиться с той или иной подробностью и точностью в зависимости от стадии составляемого проекта. Ниже приводится описание изысканий, необходимых для проектного задания и технического проекта. Составление побассейновых схем в настоящем томе не излагается.

§ 5. Исследования для составления проектного задания

В последующем изложении как данного, так и других § даются только основные характеристики тех или иных работ, детали см. в предыдущих разделах II, III, IV и V.

1. Исследование источника орошения

Составление схемы использования источника орошения (в большинстве случаев реки), имеющего крупное хозяйственное значение, должно базироваться на надежных и точных данных, получаемых в результате широко поставленных рекогносцировочных частью полуинструментальных, частью инструментальных исследований *.

Исследования эти заключаются в следующем:

А. Подготовительные работы.

Б. Полевые работы:

а) топографические работы,

б) гидрогеологические работы,

в) геологические работы,

г) изучение водного хозяйства.

В) Составление отчетных технических документов.

а) **Подготовительные камеральные работы** заключаются в сборе и изучении литературных и не опубликованных в печати документов, относящихся к намечаемому к исследованию источнику орошения по топографии, гидрологии, геологии, по существующему и предполагаемому использованию водотока и по экономике района.

На основе этих материалов составляются программа и план полевых и камеральных работ.

б) **Полевые работы.** 1) Топографические работы. Основная цель топографических работ—получение плана долины реки и продольного профиля ее. Берега должны быть засняты на 3—5 м выше наивысшего горизонта воды в реке (или намечаемого подпорного горизонта воды).

Масштаб 1 : 50 000 или 1 : 25 000. Сечение горизонталей для равнинной части реки в м. 1 : 25 000 — 2 м и в м. 1 : 50 000—5 м, а для горной в м. 1:25 000—5—10 м и в м. 1 : 50 000—40—20 м. Место, намечаемое под устройство заборного сооружения, заснимается в масштабе 1 : 5 000 или даже 1 : 2 000 в зависимости от ширины поймы реки и рельефа местности; сечение горизонталей 1,0—0,5 м. (в соответствии с принятым масштабом).

---

* Степень точности и детальности исследования может быть различна. В настоящем изложении даются наибольшие требования, которые предъявляются к схемам и проектным заданиям.

Съемка должна базироваться на тригонометрической основе. Класс триангуляции — от III до VI. Может быть применена вместо триангуляции — полигонометрия.

Нивелировка реки при большой длине ее должна базироваться на двойной технической нивелировке повышенной точности или на точной нивелировке основного магистрального хода. Уровни воды в реке в характерных местах нивелируются (с отметкой даты) не реже чем через 2 км.

Полевые работы закрепляются постоянными или временными реперами. Расстояние между постоянными реперами (металлическими или каменными) или марками — 5—10 км. Расстановка реперов приурочивается к местам будущих сооружений, к гидрометрическим постам, к железным дорогам, пересекающим реку.

Все репера, уже существующие, выставленные прочими организациями, включаются в сеть продольной нивелировки.

Все репера с точным описанием расположения их на местности, с отметками, координатами их вносятся в особую ведомость реперов.

Топографическим работам предшествует рекогносцировка реки, определяющая участки, подлежащие съемке, в зависимости от выбора орошаемых площадей земель.

2) Гидрологические работы. Гидрологические работы имеют целью выяснение характера питания реки и условий стока реки и установление режима горизонтов и расходов воды на участках, где резко изменяется расход воды или продольный уклон реки, или характер долины, а также режим наносов реки.

Для выяснения водного режима собираются сведения как по действующей (существующей) гидрометрической сети, так и путем опроса местных старожилов (особенно это касается интересных мест с точки зрения устройства того или иного сооружения). Затем устанавливаются новые водомерные посты и гидрометрические станции в минимально необходимом количестве, с организацией на них соответствующих наблюдений.

На основной гидрометрической сети ведутся наблюдения как за расходами воды, так и над твердым стоком.

Метеорологические работы заключаются в сборе и обработке материалов с существующих поблизости метеорологических станций, а в случае надобности открываются новые метстанции в наиболее важных пунктах.

3) Геологические работы. Геологические работы заключаются в изучении геоморфологического материала, который дает возможность выделить участки, на которых по геологическим условиям можно ожидать благоприятных или неблагоприятных условий залегания и строения пород.

В дополнение к имеющейся литературе должна быть произведена маршрутная геологическая и гидрогеологическая съемка долины реки, применительно к масштабу 1 : 100 000, и освещение основных инженерно-геологических условий и факторов в местах намечаемых сооружений, с проведением минимальных разведочных буровых или шурфовых работ, с применением откачек воды в наиболее важных случаях и с определением фильтрационных свойств грунтов и физико-механических свойств пород.

4) Изучение водного хозяйства. При составлении схемы использования реки для орошения в отношении водохозяйственных обследований необходимо иметь все данные по существующему водному хозяйству и намечаемому. Это необходимо для практического разрешения основных моментов различных отраслей водного хозяйства и их полного согласования между собой. А именно — собираются сведения: о характере и размерах судоходства, условиях сплава, о существующих ирригационных системах, их размере и потребностях в воде, санитарно-технических, энергетических установках как существующих, так и проектируемых, земельно-мелиоративном использовании реки и ее долины и о размерах рыбного хозяйства

Должны быть описаны также все гидротехнические сооружения на реке.

В дальнейшем упомянутые маршрутно-рекогносцировочные обследования должны быть дополнены специальными экономическими обследованиями.

2. Изыскания магистрального канала

Здесь так же, как и при исследовании источника орошения, существует три периода работ:

А — подготовительный период.

Б — полевой период.

В — период составления отчета.

а) **Подготовительный период.** В подготовительный период производится сборка топографического и геологического материала по всей предположенной к орошению площади, и по планам в горизонталях намечается трасса магистрального канала, и составляются программа и план полевых исследований.

б) **Полевой период.** 1) Топографические работы. В полевой период по намеченному на плане направлению производится трассировка магистрального канала облегченного характера, т. е. без разбивки кривых в поле, но с учетом длины кривой, с двойным измерением длин линий, двойной технической нивелировкой магистрали, с измерением углов поворота одноминутным или 30″-м теодолитом с обязательной привязкой и в плановом и в высотном отношениях ко всем опорным пунктам, встречающимся по пути. По трассе канала в характерных местах берутся поперечники (но не реже чем через 500 м) длиною до 100—200 м, для того чтобы в период проектировки было бы возможно сдвигать трассу канала или выше или ниже по высоте*.

2) Геологические работы. Геологические работы имеют целью получение данных по характеристике грунтов, по которым проходит трасса канала, в виде продольного геологического профиля с некоторой характеристикой: а) условий разработки грунтов, б) отношения их к воде, т. е. фильтрационные свойства грунтов, большая или меньшая степень их размываемости, о химическом составе (для предвидения возможности просадок и принятия соответствующих мер в проектировочных работах) и в) физико-механических свойств (с точки зрения устойчивости насыпей и выемок).

3. Исследования орошаемой площади

Аналогично с предыдущими исследованиями здесь имеется три вида работ: А — подготовительные работы; Б — полевые работы и В — составление отчетных технических документов.

а) **Подготовительные работы.** К этому виду работ относится подбор картографического, геологического, гидрогеологического и почвенного материалов, как изданных, так и неизданных, производившихся разными организациями.

---

* Если по исследуемой площади имеется план в горизонталях масштаба 1 : 25 000 с горизонталями через 2,0 м или чаще того, то в поле достаточно произвести рекогносцировку с целью поверки достоверности плана и правильности предварительной наметки трассы.

Смотря по имеющемуся материалу намечается программа и план полевых исследований.

б) **Полевые работы.** 1) Топографические работы. К топографическим работам относятся съемочные работы для составления плана в горизонталях.

Если данный район имеет сравнительно ровный рельеф с максимальными уклонами, не превышающими 0,001, то для составления схемы достаточно иметь план в масштабе 1 : 50 000 с горизонталями через 2 м — 5 м. При рельефах же неспокойных и с уклонами, доходящими до 0,01, необходимый масштаб будет 1 : 25 000 с горизонталями через 1 м—2 м.

Съемка должна базироваться на триангуляции разных классов и на точной технической нивелировке.

Все существующие водотоки также заснимаются и не реже чем через 5 км берутся отметки горизонта воды (с отметкой даты занивелирования их). На план наносятся все гидрометрические станции и посты.

2) Гидрологические работы. К этого рода работам относится сбор метеорологических данных с имеющихся в данной местности станций или с соседних метстанций или устройство новых с организацией наблюдений и наблюдательных постов. Сбор материалов ведется по имеющимся в данном районе гидрометрическим станциям и постам, по всем водотокам района и устанавливаются новые посты или вообще посты, если таковых не имеется. Гидрометрические наблюдения должны быть установлены и на родниках.

3) Геологические и гидрогеологические исследования. Геология и гидрогеология данного района должны быть изучены достаточно тщательно, для того чтобы в составляемой схеме не допустить грубых ошибок по использованию водных запасов как поверхностных, так и грунтовых и по построению рациональной ирригационной сети (оросительной и водосборной). При искусственном орошении подъем горизонта грунтовых вод может быть весьма велик, и предотвращение возможности заболачивания может составить настолько высокие затраты, что все задуманное предприятие может оказаться не рентабельным. Наоборот, при сильно фильтрующих грунтах в схеме должны быть учтены меры, предотвращающие утечку воды.

Геологические исследования должны дать тектонику, стратиграфию и петрографический характер пород, слагающих данный район.

Вся площадь земель должна быть заснята в масштабе 1 : 50 000 или вообще не мельче, чем имеется топографическая основа по данному району.

Гидрогеологическая съемка с постановкой стационарных наблюдений над уровнем грунтовых вод должна дать в плане глубину залегания их (гидроизогипсы) на данный момент и наметить предполагаемое изменение в глубине залегания их. Исследованиями должны быть определенно выявлены: различная природа грунтовых вод (в верхних слоях и нижних и в разных местах в плане). Гидроизогипсы могут наноситься на основы в более мелком масштабе, чем геологическая карта (1 : 100 000 — 1 : 500 000).

В местах крупных искусственных сооружений даются геологические разрезы и определяются коэфициенты фильтрации грунтов.

4) Почвенно-грунтовые и геоботанические исследования. Подобно геологическим и гидрогеологическим условиям и даже в большей мере тщательно в схеме должны быть изучены почвы. Должны быть даны не только география почвенного покрова, но и размещение солей в вертикальном разрезе. Водно-физические свойства грунтов подлежат также тщательному изучению, дабы предусмотреть возможные осадки грунтов при обильном увлажнении их.

Для проектного задания необходимо производство почвенно-ботанической съемки в масштабе не менее 1 : 50 000 и лишь при однохарактерном покрове (не мелко-комплексном почвенном покрове) можно допустить 1 : 100 000. Составление карты растительности не всегда обязательно. Лишь при использовании земель под животноводческие хозяйства составление такой карты обязательно. Геоботанические работы, вообще говоря, производятся как вспомогательные для почвенных.

Почвенно-ботанические исследования должны дать план размещения земель: а) не пригодных под орошение, б) пригодных с тяжелыми мелиорациями, в) то же с легкими и г) пригодных без мелиораций.

5) Гидромодульные работы*. Гидромодульные работы заключаются в изучении размера и режима орошения различных с.-х. культур, т. е. в установлении норм и сроков полива их. Такого рода исследования обычно производятся на специальных опытно-оросительных станциях.

Если в данном районе имеются подобные станции, то необходимо получить от них все нужные материалы.

Но, кроме того, ввиду разнородности почвенных, геологических, гидрогеологических и климатических условий, необходимо изучение норм и сроков полива ставить где-нибудь в соседнем орошаемом районе, подбирая участок для исследований, вполне аналогичный по естественно-историческим условиям с исследуемым и намеченным под орошение районом. Это бывает тем более необходимо, если вблизи нет совершенно опытно-оросительных станций.

На соседних орошаемых участках изучаются также фактический гидромодуль и фактический коэфициент полезного действия оросительных систем, который в дальнейшем при проектировании служит основой для построения проектного коэфициента полезного действия.

4. Исследование условий отвода воды с орошаемой площади

Исследование условий отвода воды также требует предварительной подготовительной работы по подбору топографического, гидрологического и геологического материала и по составлению на основе их программы и плана полевых исследований.

Полевые работы. 1) Топографические исследования. Топографические исследования заключаются в предварительной трассировке по заснятому плану в горизонталях главного водосбросного канала, если рельеф местности дозволяет это сделать, идущего через предполагаемый к орошению массив земель по самым пониженным местам. Трасса ведется во всем аналогично трассе магистрального оросительного канала**.

В случае невозможности отвести воду самотечным каналом и необходимости устройства откачки в поле приходится намечать трассу трубопровода или канала, который вначале должен итти в насыпи, а далее в выемке.

Водоприемник, т. е. место сброса отведенной воды, должен быть исследован. Водоприемником могут быть реки, овраги, глубокие тальвеги и большие озера. Во всех случаях нивелировкой выясняются самые пониженные места.

Необходимым условием для сброса отводимой воды остается то же, что и при осушении пространств. При отводе воды самотечным каналом необ-

---

* Подробнее о гидромодульных работах в т. III «Справочника».

** При наличии доброкачественного и достоверного плана в горизонталях трассировка в поле может быть необязательна, можно удовлетвориться трассировкой на плане в горизонталях.

ходимо, чтобы уровень воды в месте, куда будут сбрасываться воды, был ниже наиболее пониженного места площади орошения на величину

$$H = h + 0{,}0002 \cdot L,$$

где h — величина возможного понижения уровня воды в отводящем канале и L — длина самого пониженного места площади до места сброса по линии трассы канала.

2) Гидрологические работы. В найденных местах, возможных к использованию под водоприемник, устанавливаются и нивелируются водомерные посты, где ведутся наблюдения за колебанием горизонта воды (если это берег реки или озера).

3) Геологические работы. По линии трассы отводящего канала необходимо получить путем бурения или шурфования геологический профиль с показанием на нем линии глубины залегания горизонта грунтовых вод, приведенных к одному дню.

5. Прочие исследования

а) **Изучение водного хозяйства и водопользования района**. В источнике питания очень часто помимо предполагаемой ирригации бывают заинтересованы и иные отрасли водного хозяйства: гидроэнергетика, транспорт, рыбное хозяйство.

Приступая к проектированию ирригационной системы, необходимо учесть не только существующее на данный момент положение, но и возможности использования источника по другим видам водного хозяйства в связи с оживлением района, новыми потребностями населения и нуждами народного хозяйства.

К исследованиям этого рода относится сбор материалов по всем имеющимся гидростанциям, об их использовании и о нуждах района в энергии; по рыбному хозяйству — его состояние на данный момент и перспективы развития на будущее время; водный транспорт — общий тоннаж, грузооборот и пр.

Если орошение предполагается в районе, где уже есть часть орошенных земель, то на орошенных землях необходимо изучить методы водопользования (очередное или нет), способы полива. Собрать сведения о бывших посушках и недополивах и их причинах.

б) **Экономические исследования**. К этому виду исследований относится сбор статистического материала по всем видам народного хозяйства данного района и сведения об естественных богатствах, сельском хозяйстве, всех видах транспорта, промышленности и энергетическом хозяйстве. Кроме того необходимы сведения о плановых предположениях по реконструкции народного хозяйства.

в) **Фотографические работы**. Для иллюстрации характерных мест реки головного сооружения, гидроустановок, ледоходов, водопадов, искусственных сооружений и пр. необходимо их фотографировать. При этом необходимо отмечать время, направление снимка и место стояния на карте. Для получения на снимке понятия о масштабе желательно включить в снимок либо специально установленную рейку или любой объект, размер которого известен.

6. Отчетные материалы

В результате полевых рекогносцировок составляются отчетные документы, представляющие собой пояснительную записку о произведенных работах, пояснительные записки по всем видам исследований, как материал для составления предварительного проекта.

В записке о произведенных работах должно быть сказано: 1) о цели произведенных работ, сводные данные по каждому виду работ и их единичной и общей стоимости; 2) должны быть даны описи подлинных журналов и дневник работы в целом и 3) намечаемая программа исследований для составления предварительного (технического) проекта орошения данного района.

Материалы исследований должны быть представлены в следующем виде:

1) Записка с описанием бассейна реки с точки зрения топографии, гидрологии, геологии и водохозяйственной с точки зрения экономики.

2) Планы долины реки с нанесением на них основных данных съемки.

3) Сборная карта (планшетов) реки.

4) Общая карта бассейна реки (с ссылкой на источник, по коему составлена карта).

5) Продольный и поперечный профили реки.

6) Графики и ведомости гидрологической характеристики реки.

7) Геологические разрезы и профили.

8) Перечень и характеристика использованных материалов при изысканиях.

9) Записка с описанием трассы, характеризующая ее всесторонне (с точки зрения рельефа, описания местности, по которой проходит трасса,— освоенный район или нет, лесистый, болотистый и т. п.); места предполагаемых искусственных сооружений также должны быть описаны; должна быть дана характеристика всех проделанных вариантов трассы, если таковые имели место.

10) Необходимо описать пути сообщения с точки зрения их качества при организации строительства.

11) Записка о местных стройматериалах, их качестве, запасах, местах расположений их и условий разработки, с приложением карты карьеров стройматериалов.

12) План расположения трассы на генеральной карте местности в мелком масштабе.

13) План трассы в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5 000 с указанием мест произведенной увязки с опорными пунктами (плановыми и высотными) и выпиской намечаемых радиусов закруглений и километражем.

14) Продольный профиль канала, рекомендуемые масштабы: горизонтальный 1 : 10 000, вертикальный 1 : 100.

15) Поперечные профили каналов в масштабе горизонтальном 1 : 2 500 и вертикальном 1 : 100.

16) Геологический продольный профиль канала с пояснительной запиской, характеризующей грунты.

17) Планшеты съемок крупного масштаба в местах предполагаемых крупных сооружений (перепадов, акведуков, дюккеров и т. п.).

18) Фотографии характерных мест с подробной их описью.

19) Записка о возможных вариантах забора воды из источника и подачи ее на поля орошения и о проделанных на этот счет работах.

20) Сборная карта планшетов всей долины всех масштабов съемки как по реке, так и по площадям орошения.

21) Планшеты съемки земель, намеченных к орошению.

22) Геологическая карта района.

23) Почвенно-грунтовая карта района.

24) Карта гидроизогипс и глубин залегания горизонта грунтовых вод.

25) Геологический и гидрогеологический очерк как по площади орошения, так и по всей реке с отдельным описанием подробно исследованных мест.

26) Почвенный очерк.

27) План трассы канала, отводящего воду с орошаемого участка (в масштабе, аналогичном магистральному каналу).
28) Продольный профиль его.
29) Ведомость реперов.
30) Ведомости триангуляционных пунктов и координат магистральных ходов (по каналам и специальных ходов).

§ 6. Исследования для составления технического проекта орошения

Этого рода исследования имеют целью составление технического проекта орошения на основе проработанного ранее проектного задания и разработанной в нем программы подробных исследований.

Здесь так же, как и при рекогносцировочных исследованиях, различают три вида работ:

А) подготовительные работы,
Б) полевые работы (в том же подразделении, что и в схеме),
В) составление отчетных технических документов.

а) **Подготовительные работы.** Подготовительные камеральные работы заключаются: 1) в ознакомлении и изучении имеющихся материалов рекогносцировочных исследований и постановлений органов, рассматривавших схему орошения, 2) в сборе дополнительных материалов, полученных после рекогносцировочных исследований и на основе этого 3) в составлении программы и плана полевых работ.

б) **Полевые работы.** Согласно решению органов, утвердивших схему орошения, в которой должны быть указаны все возможные варианты питания ирригационной системы, варианты подачи воды на орошаемые площади, должны быть выявлены площади, подлежащие орошению и т. п.; в предварительном проекте приходится производить более подробные и более точные работы лишь по принятым вариантам в схеме.

1. Исследование источника орошения

1) Топографические работы. Для технического проекта топографические работы по исследованию источника орошения производятся для уточнения съемки под головной узел сооружений, а также необходимы в случае намечения использования данной реки помимо орошения еще и для энергетики или в случае выявленной в схеме необходимости регулирования источника орошения верховыми водохранилищами. В первом случае о необходимых исследованиях см. гл. V, во втором случае — см. гл. VI — исследования для регулирования рек.

2) Гидрологические работы. К этому виду работ относятся: 1) продолжение стационарных гидрометрических и метеорологических работ на установленных станциях и постах во время рекогносцировочных обследований, 2) открытие новых постов, если это необходимо в связи с постановлениями органов, рассматривавших схему, и для уточнения и детализации данных, и 3) сбор материалов по пунктам, открытым и действовавшим в период между рекогносцировочными исследованиями и моментом начала настоящих исследований. Должны быть уточнены сведения о наносах и химизме воды.

3) Геологические и гидрогеологические работы. Геологические работы по исследованию источника орошения для технического проекта являются дальнейшим развитием предыдущих изысканий. Детализируется геологическое строение узла головных сооружений. Гидрогеологические исследования, при условии возможности использования на орошение грунтовой воды, следует продолжить и, в частности, поставленные во время рекогносцировочных обследований стационарные наблюдения за грунтовыми водами развить, уточнив число точек, подлежащих наблюдению, и увеличив число колодцев или скважин.

4) Изучение водного хозяйства. Водохозяйственные обследования должны дополнить и уточнить материалы по водопользованию, полученные при составлении проектного задания. Должно получить сведения о характере и размерах существующих энергетического, транспортного, ирригационного, санитарно-технического использования источника, а также об имеющихся в плановых органах и отдельных учреждениях предположениях в отношении комплексного (или ведомственного) использования реки. Наконец необходимы данные о размерах и запросах рыбного хозяйства. В местах, где намечается устройство головного сооружения с подпором естественного горизонта воды, необходимо выяснить стоимость земельных угодий, населенных пунктов и промпредприятий, подлежащих затоплению.

2. Изыскания магистрального канала

1) Топографические работы. На основе выбранного в схеме варианта при исследованиях для технического проекта приходится производить подробную трассировку канала (с учетом всех замечаний органов, рассматривавших схему) с двойным измерением линий, двойной технической нивелировкой, разбивкой кривых в поле, со взятием поперечников в местах с поперечным уклоном в 5 и более градусов, с разбивкой пикетажа не реже чем через 100 м и на изломах рельефа по ходу трассы.

Для уменьшения объема земляных работ рекомендуется во всех случаях, где есть основание предполагать это уменьшение,— проходить трассой и по другим вариантам. В местах искусственных сооружений ведутся съемки в масштабе 1 : 1000—1: 2000 до 1: 5000.

2) Геологические работы. Для технического проекта необходимо иметь геологический профиль по принятой трассе канала на глубину не менее чем на 2—5 м ниже проектируемого дна канала, а в зависимости от геологических условий и глубже. Помимо того необходимо окончательно установить угол естественного откоса, коэфициент фильтрации, допустимые скорости течения воды в канале, допускаемые напряжения на грунт в сооружениях. Точно должны быть выявлены места возможных просадок грунта.

3. Исследования орошаемой площади

1) Топографические работы. Ввиду того, что в проектном задании вопрос о возможных к орошению площадях должен быть окончательно разрешен, т. е. должны быть исключены из общей заснятой ранее в масштабе 1 : 2500—1 : 50 000 площади земли, непригодные под орошение или высоко расположенные, на которые невозможно вывести самотеком воду, а также земли, подача воды на которые при машинном орошении обходится слишком дорого, то для составления технического проекта приходится изучать уже гораздо меньшую площадь.

Эту меньшую площадь и следует заснять в масштабе 1 : 10 000 с горизонталями через 0,5—1,0 м, а если рельеф очень спокойный и с развитым микрорельефом, то горизонтали следует проводить через 0,25 м; в этом случае лучше применять масштаб 1 : 5 000. Этот же масштаб применяется и при очень мелком рельефе.

Основой для этой съемки должна служить триангуляция IV и V классов, являющаяся дополнением к ранее разбитой триангуляции III класса и прецизионная нивелировка.

При составлении схемы орошения обычно достаточно точно выясняются места будущих крупных гидротехнических сооружений, и при изысканиях для предварительного проекта эти места заснимаются в масштабе 1 : 2 000 или 1 : 1 000 с горизонталями через 0,25 м.

На планы должны быть нанесены все гидрометрические пункты, репера, шурфы (геологические и почвенные), буровые скважины. Если трассировка некоторых каналов произведена была до начала съемки, то по возможности все углы трассы должны быть нанесены на план.

2) Геологические и гидрогеологические работы. Для технического проекта обычно продолжаются лишь наблюдения за колебанием горизонта грунтовых вод и производятся детальные исследования инженерно-геологического характера в местах, намеченных под искусственные сооружения.

3) Почвенно-грунтовые исследования. Этого вида работы появляются при изысканиях для технического проекта лишь только тогда, когда почвенный покров мелкокомплексный. Тогда производится дополнительная почвенная съемка (выборочного характера) масштаба 1 : 25 000 или 1 : 10 000 особо неблагополучных мест в смысле возможности их засоления или возможности вообще их использования даже с тяжелыми мелиорациями.

4) Гидромодульные работы. Опытные работы по изучению оптимальных и фактических норм и сроков полива, а также и коэфициента полезного действия оросительных систем желательно проводить не 1 сезон, а 3 и 4 сезона. Таким образом на выбранных во время изысканий для схемы участках гидромодульные работы ведутся все время до момента приступа к строительству.

4. Исследование условий отвода воды с орошаемых земель

1) Топографические работы. По плану в горизонталях масштаба 1 : 10 000 или 1 : 5 000, заснятому в целях изучения орошаемой площади, трассируется главный коллектор по самым пониженным местам и затем эта трасса укладывается на месте с незначительными быть может изменениями в зависимости от рельефа, не уловленного во время съемки. Линия измеряется дважды с разбивкой кривых, дважды нивелируется, и заснимаются поперечники так же, как и по магистральному каналу.

2) Гидрологические работы. При исследовании условий отвода воды продолжаются наблюдения за колебанием горизонта воды в водоприемнике.

3) Геологические работы. По трассе коллектора производятся шурфовые или буровые работы на глубину до 1,0 м ниже проектного дна канала с целью получения геологического профиля, а также связанные с этим лабораторные работы по выявлению устойчивости грунтов.

4) Изучение водного хозяйства. Если отводимая вода хорошего качества, т. е. не обогащена слишком вредным для культур солями, и если ниже предполагаемой к орошению площади имеются объекты водного хозяйства (рыбное, орошение и др.), то тогда отвод воды может быть сделан непосредственно к указанным объектам (на ниже орошаемые поля, рыбоводные пруды и пр.). Для этого водное хозяйство районов, располагающихся ниже орошаемой площади, должно быть изучено всесторонне.

5. Прочие исследования

а) **Изучение водного хозяйства и водопользования.** Материалы, полученные при исследованиях, производившихся для составления проектного задания должны быть пополнены сбором дополнительных сведений по всем видам водного хозяйства (энергетика, водный транспорт, орошение, рыбное хозяйство и пр.). Материалы эти должны характеризовать состояние водного хозяйства на данный момент и перспективы его развития во всех отраслях на будущее время, а поэтому сведения собираются и в плановых органах и отдельных учреждениях.

б) **Экономические исследования.** Экономические исследования имеют целью получение уточненных данных по экономике района вообще, в области ирригации, энергетики, промышленности, транспорта, горных богатств, рыбного хозяйства, лесного хозяйства и пр.

Для района, непосредственно обслуживаемого проектируемым орошением, должно быть произведено:

1) собирание данных, выясняющих характерные особенности района в отношении основных отраслей народного хозяйства и производительных сил;

2) изучение промышленности в отношении современного ее состояния, перспектив развития каждого вида промышленности и требований, предъявляемых этим развитием к сельскому хозяйству района;

3) изучение данных об удовлетворении потребностей населенных пунктов продуктами сельского хозяйства в настоящее время и размеров потребления их в ближайшем будущем;

4) выяснение существующего сельского хозяйства в отношении характера его направления, стоимости получаемых продуктов сельского хозяйства и намечаемого его развития без устройства орошения новых площадей;

5) изучение трудовых ресурсов района с целью выяснения свободных запасов для использования на более или менее трудоемких культурах сельского хозяйства или выявления необходимости привлечения населения извне.

в) **Опытно-исследовательские работы.** К разряду этих работ относятся геологические и почвенно-грунтовые, как-то: изучение физико-химических свойств грунтов и грунтовых вод в основаниях сооружений и в местах расположения тоннелей и каналов. Но кроме того надлежит изучить:

1) влияние встречающихся в грунтах и грунтовых водах солей (серно-кислых и прочих соединений) на прочность кладки;

2) сопротивляемость грунта вертикальному давлению и сдвигу в горизонтальной плоскости в условиях естественной влажности, а в отдельных случаях и при предельной влажности;

3) технические свойства стройматериалов (объемный и удельные веса, пористость, водопоглощаемость, пластичность, а для каменных пород — морозостойкость); лабораторным путем устанавливается состав бетона;

4) для больших гидротехнических сооружений, работающих в сложных условиях, устанавливаются: начертание сооружения в плане, формы и размеры его частей и разные гидравлические коэфициенты путем лабораторных исследований на моделях.

г) **Организационно-строительные изыскания.** Этого рода обследования имеют целью изучение наиболее важных условий для производства строительных работ и должны дать сведения о следующем:

1) о существующих путях сообщения в районе намечаемых построек с их характеристикой в современном состоянии и о возможных способах улучшения их;

2) о строительных материалах (камень, гравий, песок, глина, лес, камыш, хворост, дерн и пр.), их местонахождении, условиях их разработки, стоимости на месте работ и их запасах;

3) о рабсиле, ее количестве (по квалификациям) и стоимости;

4) о коммунально-бытовых условиях в местных населенных пунктах, расположенных вблизи к намечаемым постройкам.

д) **Фотографические работы.** Так же как и при изысканиях для схемы, здесь фотография должна фиксировать характерные в том или ином отношении места долины, реки, гидросооружений, а также должна иллюстрировать все виды изыскательско-исследовательских работ. Фотографические работы должны дополнить материалы, полученные при рекогносцировочных изысканиях.

6. Особенности работ по изысканиям и исследованиям для орошения и их последовательность

Особенностью изыскательских и исследовательских работ, производимых для проектов орошения, является необходимость производства их на значительной площади, опираясь на топографический план.

Поэтому и появляется обязательная последовательность в производстве многих видов изыскательских работ.

а) Первой работой, дающей основу для всех прочих работ, является триангуляция и нивелировка, на основе которых составляется план в горизонталях.

б) На основании плана ведутся:

1) гидрологические работы, которые могут быть начаты впрочем и раньше, что и целесообразнее в смысле удлинения периода наблюдений;

2) геологические и гидрогеологические;

3) почвенно-ботанические работы.

в) Получив ту или иную оценку земель, приступают к

1) трассировочным работам;

2) гидромодульным работам.

г) Независимо от всех перечисленных выше работ могут производиться:

1) изучение водного хозяйства района;

2) экономические обследования.

7. Отчетные материалы

Отчетные данные по изысканиям представляются двух родов: а) материалы исследований и б) отчетные документы о производстве изыскательских работ.

а) **Материалы исследований** содержат в себе следующее:

1. Краткая сводная пояснительная записка с описанием бассейна источника питания (являющаяся дополнением к записке, данной при рекогносцировочных работах) в отношении его площади, речной сети, рельефа, орографии, геологических особенностей, метеорологических условий, данных стока, водохозяйственных данных; характеристика мест намеченных сооружений в отношении топографии и геологического строения этих мест; физических свойств пород (твердость, трещиноватость, влагоемкость, удельный вес, механический состав), устойчивости пород (явления оползней, просадок и пучин), результатов исследования фильтрационных свойств пород и кроме того химического состава пород и грунтовых и речных вод.

В этой же записке даются соображения по выбору мест под те или иные гидротехнические сооружения и подробное описание трасс магистрального канала и главного коллектора, а также и трасс крупных распределителей.

В записке же приводятся результаты организационно-строительных изысканий (о путях сообщений, местных стройматериалах, о рынке труда и о коммунально-бытовых условиях).

2. План бассейна реки масштаба, достаточного для нанесения на него всех исследованных пунктов со стороны гидрологии, геологии, топографии, почв и т. п., представляющего собою генеральный план к пояснительной записке. На план наносятся все гидрометрические станции и посты, место, намечаемое под головное сооружение, линия трасс, исследованные площади в отношении топографии, геологии и почв, существующие водохозяйственные сооружения и предприятия.

3. Сборная карта планшетов произведенных съемок.

4. Ведомости триангуляционных пунктов и реперов со схемою расположения их.

5. Планы долины реки и предполагаемой к орошению площади земель, заснятых в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5 000 с горизонталями через 0,5 или 1,0 м.

6. Почвенные карты по исследованным районам.

7. Карта растительности.

8. Продольный профиль реки: подробный (масштаб 1 : 25 000 — 1 : 50 000 для горизонтальных расстояний и 1 : 100 — 1 : 500 — для вертикальных) и сокращенный (1 : 200 000—для горизонтальных расстояний и 1 : 5 000—для вертикальных).

На профиле указываются следующие данные: а) отметки характерных точек, б) отметки высокого, низкого и наблюденного (приведенного) горизонтов воды, в) отметки реперов и нулей водомерных постов, г) отметки дна по фарватеру, д) длины участков с однообразным уклоном и уклоны на них, е) общая нумерация километров по фарватеру реки, ж) существующие гидротехнические сооружения с выпиской на профиле отметок характерных точек сооружения, з) населенные пункты и места пересечения дорог и все сооружения на реке.

9. Графики гидрологической характеристики реки:

а) графики колебания горизонта воды с указанием: момента появления сала, начала и конца ледохода, ледостава и отметок нулей водомерных постов; б) графики продолжительности и повторяемости горизонтов воды; в) кривые зависимости горизонтов водомерных постов; г) кривые зависимости расходов от горизонтов воды; д) графики расхода воды, графики суммарного стока; е) графики продолжительности и повторяемости расхода воды; ж) графики осадков, температур, испаряемости и прочих метеорологических факторов.

10. Схематический план расположения трасс магистрального и водосборного каналов с выпиской на нем всех элементов магистрали (углов поворота, длин участков прямых, кривых, радиусов закруглений, тангенсов, биссектрис), с нанесением всех привязок плановых и высотных к основным опорным сетям.

11. План трасс, нанесенных по координатам на планшеты произведенной съемки в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5 000.

12. Продольные профили по трассам с нанесенными геологическими данными (масштаб 1 : 50 000 — горизонтальный и 1 : 100 — вертикальный).

13. Поперечные профили по трассам (масштаб 1 : 1 000 — горизонтальный и 1 : 100 — вертикальный).

14. Если в систему проектируемых каналов включаются участки существующих каналов или вообще водотоков, то по ним даются продольные профили с отметками их дна и обоих берегов (каждого в отдельности) и существующих (приведенных) горизонтов воды (в тех же масштабах, что и трассы каналов).

15. По обследованным участкам, включаемым в сеть каналов, водотокам представляются поперечные профили в характерных местах, но не реже чем через 100 м (масштабы, аналогичные с поперечниками по трассам).

16. Планшеты съемок мест под искусственные сооружения в масштабе 1 : 2 000 или 1 : 1 000 с горизонталями через 0,25—0,5 м для равнинных мест и 0,5—1,0—2,0 м для гористых мест.

17. Для этих же мест дается литологическая и, при сложной тектонике, геологическая карта в масштабе произведенной съемки.

18. По этим же местам даются геологические разрезы с нанесением на них буровых скважин, шурфов и штолен.

19. Помимо указанных данных составляется карта гидроизогипс и глубин залегания грунтовых вод, исправленная по материалам наблюдений последних лет.

20. Помимо перечисленного выше представляются материалы по специальным и опытным исследованиям:

а) гидромодульным — в виде ряда измеренных расходов при поливах на определенных участках поля с записями сроков вегетации и фенологии, в последующем обрабатываемых в виде ряда графиков и таблиц; б) гидравлическим и опытно-гидротехническим.

21. Фотографии характерных мест с подробной описью.

б) **Отчетные документы о производстве изысканий** даются в виде пояснительной записки, где указывается кратко о цели произведенных работ, сводные данные по каждому виду работ и их единичной и общей стоимости.

Записка содержит в себе характеристику постановки изыскательско-исследовательских работ с указанием пути к удешевлению их, имея в виду будущие аналогичные изыскательские работы.

Записка иллюстрируется схематической картой с нанесенными на нее всеми видами произведенных работ, описью всех подлинных планшетов и журналов, журналы и дневники работ.

ГЛАВА III

ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ ОСУШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ

§ 7. Основные задачи изысканий и их составные части

Необходимость в осушении земель появляется, или в целях с.-х. использования их или с целью оздоровления местности, или (что чаще) в целях того и другого.

Во всех случаях бывает необходимо:

а) выяснить причины и характер заболачивания, из каковых могут быть — необеспеченность свободного стока атмосферных осадков и стекающих по рекам и ручьям вод или высокое стояние грунтовых вод, постоянно подпитываемых водами из более глубоких слоев грунта;

б) исследовать заболоченные площади и определить способы понижения

грунтовых вод на них путем изучения рельефа, состояния грунтовых вод на всей площади, обследования существующих на площади водотоков как с топографической, так и с гидрологической точек зрения, изучения почвогрунтов и растительности в целях определения ценности получаемых после осушения земель и возможности их использования в том или ином направлении;

в) исследовать водоприемник для сбора воды с осушаемых земель и с топографической, и гидрологической, и геологической сторон, а вместе с тем и изучить водное хозяйство намечаемого под водоприемник водотока;

г) произвести изыскания с целью определения возможности отвести внешние воды, затопляющие осушаемую площадь, также и с топографической стороны, и геологической, и гидрологической; и наконец, д) произвести изыскания по отводу дренируемых вод с осушаемой площади путем топографического и геологического изучения возможных трасс отвода.

§ 8. Изыскания и исследования для составления проектного задания

В основном проектное задание составляется на основе имеющихся в литературе данных и неопубликованных материалов изысканий и исследований, производившихся ранее различными ведомствами, но так как полностью обычно материалов не удается получить, то является необходимым произвести ряд рекогносцировочных и частью инструментальных обследований.

1. Выяснение причины и характера заболачивания

Основными причинами заболачивания является водное питание, каковое подразделяется:

а) Развитие подзолообразовательных процессов, которые, как известно, ведут к обеднению почвопород настолько, что там в конечном счете образуются переходные и верховые болота. Эта категория избыточно увлажненных земель имеет водное питание исключительно атмосферное.

б) Повышение уровня грунтовых (непочвенных) вод. Эти воды подымаются на дневную поверхность и насыщают почвогрунты до полной их влагоемкости. Избыток вод получается за счет стекающих (на такие территории с водосбора) атмосферных вод, застаивающихся на минеральном грунте дна болота, поэтому питание этих земель называется грунтовым.

в) Выклинивание на дневную поверхность грунтовых вод в виде жил или сплошных потоков. Обыкновенно эти выклинивания наблюдаются на склонах к рекам или речкам. Причем указанные склоны иногда бывают очень круты, иногда же пологи. В последнем такое болотообразование легко смешать с типом «б». Указанные здесь грунтовые воды нередко находятся под напором, в чем легко убедиться, если забить обыкновенный Нортоновский фильтр, вследствие чего уровень воды внутри фильтра поднимется на некоторую высоту (иногда эта высота измеряется в несколько миллиметров, а иногда доходит до метров). Этот тип питания болот называется грунтоводонапорным.

г) Намывное питание — когда избыточно увлажненная площадь, находясь в низине, заливается разными способами: а) подпорами со стороны неурегулированной или подпертой заколами или плотиной реки; б) затоплением водою паводков из реки; в) затоплением и застоем вод, скатывающихся с окрестных высот во время ливней, паводков и таяния снегов.

Кроме причины заболачивания или водного питания болот при изысканиях для полного определения физиономии болота необходимо выявить основные растительные ассоциации болот.

Причины заболачивания, условия питания выясняются путем а) изучения карты бассейна на осушаемой площади, б) рекогносцировочного объезда района отрядом в составе: 1) опытного инженера-составителя схемы, 2) гидрогеолога, 3) почвоведа и 4) гидролога, которые выясняют предварительно эти причины и на основе этого намечают программу более подробных топографических, гидрологических, почвенных и гидрогеологических исследований. По получении же материалов этих исследований уже окончательно выясняются причины и характер заболачивания.

2. Исследование заболоченной площади

Исследование заболоченной площади заключается в изучении ее топографии, геологии и гидрогеологии, гидрологии, почвенного покрова с подстилающими грунтами и растительности.

1) Топографические работы. Топографические работы заключаются в съемке путем проложения магистрали и ряда (через 500 — 2000 м в зависимости от величины обследуемой площади) поперечников через осушаемую площадь. И магистраль, и поперечники в соответствующих случаях должны быть проложены и за пределы осушаемой площади с целью освещения реки, или вообще водотока, который может быть использован как водоприемник, или если он является причиной заболачивания.

Как магистраль, так и поперечники должны быть привязаны к пунктам триангуляции, если таковые имеются на исследуемой площади или вблизи; при отсутствии их желательно определение астропункта и обязательно истинного азимута.

Измерение углов производится 1 теодолитом одним круговым приемом, а нивелировка производится техническая, но опираться она должна на репера, поставленные на незаболоченных местах и занивелированных технической нивелировкой повышенной точности.

При пикетаже и по магистрали и по поперечникам ведется тщательная запись в абрисном журнале всей ситуации. В абрис записываются все встречающиеся как по ходовой линии, так и в сторону от нее суходолы, растительные ассоциации, лесные насаждения, разные типы болот (верховые сфагновые, низинные, переходные, отмечаются выходы грунтовых вод, если таковые имеются).

Необходимо при нивелировке на суходолах, предпочтительно у дорог, закладывать репера. Вышеуказанные данные накладываются на составляемый при изысканиях топографический план. (Масштабы см. табл. стр. 685.)

На каждом пикете щупом или зондом определяется глубина болота (толщина торфяного слоя или слоя воды).

2) Гидрологические работы. К гидрологическим работам относятся: а) сбор гидрометрических и метеорологических материалов по данному району, полученных прочими организациями и ведомствами во время исследований, производившихся ранее или для иных целей; б) установление водомерных постов на водоприемнике близ осушаемой площади. На основании полученных данных составляется план с изображением рельефа горизонталями; в) установление и организация наблюдений на метеорологических пунктах, если в данном районе или в непосредственной близости таковых не имеется.

Таблица масштабов планов осушаемой территории для разных случаев осушения

Характер осушаемой территории	Способ осушения	Площадь осушаемой территории	Масштаб плана
Болота атмосферного и намывного питания.	Открытая сеть Дренаж	Независимо от площади	1 : 10 000 1 : 5 000
Болота грунтового питания. .	Открытая сеть Дренаж	»	1 : 5 000
Болота грунтово-напорного питания.	Независимо от способа осушения	До 2 500 га Свыше 2 500	1 : 2 500 1 : 5 000
Минеральные избыточно-увлажненные территории атмосферного питания.	Ускорение поверхностного стока Дренаж	До 2 500 га Свыше 2 500	1 : 2 500 1 : 5 000
Минеральные избыточно-увлажненные участки грунтово-напорного питания	Дренаж Ловчие каналы	Независимо от площади	1 : 2 500

3) Геологические и гидрогеологические работы. Маршрутные геологические и гидрогеологические съемки производятся, если по данному району нет опубликованных уже в литературе подобных материалов. Эти съемки производятся, по возможности приурочивая хода к проложенным по болоту магистрали и поперечникам.

Геологические данные получа тся главным образом помощью зондирования, бурения и шурфования.

Зондировкой определяется толщина торфяного слоя на каждом пикете нивелировочных линий, кроме того производится периодическое — 2 раза на каждой растительной ассоциации — взятие проб торфа на всю глубину через 0,5—1,0 м.

Конструкций зондов очень много, из них наиболее распространен зонд Гиллера и немецкий зонд системы Бегак. Зондировку удобно производить совместно с разбивкой пикетажа или с нивелировкой, а при больших залежах торфа зондировка производится отдельно. Зондировка производится на каждом пикете. Дойдя до минерального грунта, бур издает особый скрипучий звук, означающий, что бур дошел до минеральной прослойки или минерального дна болота.

Бурение при изысканиях для осушения болот производится только для поверки зондировки изредка.

Шурфы закладываются для определения характера напластования и структуры грунтов.

При разведочном бурении необходимо отличать следующие породы:

а) растительный слой,
б) подзолистый слой,
в) уплотненный слой (или оглеенный),
г) материнская порода, которая при более глубоком исследовании должна диференцироваться на отдельные слои. Кроме того отличают глубину погружения грунтовых вод под дневной поверхностью и мощность водоносного слоя. Глубина глубокого бурения доводится до ближайшего водоупорного слоя, мелкого — до материнской породы.

4) Почвенно-грунтовые исследования. В этом направлении, так же как и при геологических исследованиях, производятся съемки маршрутные с нанесением данных на имеющиеся карты мелкого масштаба и на план, полученный при топографических работах.

Цель почвенно-грунтовых исследований двоякая:

1) определение причин и характера заболачивания района и 2) изучение качества почв для определения направления их с.-х. использования.

5) Геоботанические исследования. Геоботанические исследования ведутся также в виде маршрутной съемки с целью изучения характера заболачивания, природы и качества торфа, и как вспомогательные работы для почвенно-грунтовых исследований.

3. Исследование водоприемника

а) **Водоприемник — озеро.** В том случае, когда водоприемником является озеро, исследования ведутся лишь в том месте (или в нескольких, смотря по количеству вариантов), куда будет подаваться вода с осушаемой площади. В данном случае исследовательские работы заключаются в следующем:

1) Топографические работы. К топографическим работам относится съемка берега озера или путем проложения магистрали вдоль берега на длину, захватывающую все возможные варианты подвода воды к озеру и поперечников от магистрали до озера, с измерением длин сторон, углов и нивелировкой и с зарисовкой ситуации в абрисной книжке или мензулой.

2) Гидрологические работы. Гидрологические работы заключаются в установке водомерного поста, т. е. рейки, и в организации наблюдений за колебаниями горизонтов воды озера.

б) **Водоприемник — река.** Если водоприемником служит река, то здесь также необходимо изучить ее всесторонне на участке, где намечается устье водоприемника и в пределах воздействия последнего на поток и произвести следующие работы:

1) Топографические работы. Топографические работы заключаются в проложении магистрали вдоль берега (по преимуществу проводя ее по незаболоченным или легко проходимым местам) и в разбивке через 100—200 м поперечников, идущих от уреза воды до коренных берегов реки, приурочивая их к характерным местам (крутым изгибам русла, перекатам, заколам и т. п.).

Магистраль нивелируется двойной технической нивелировкой. При этом не реже чем на каждом поперечнике берутся отметки горизонта воды, которые впоследствии должны быть приведены к одному дню. Приводка производится не менее, чем к трем горизонтам, соответствующим следующим периодам:

а) паводковому весеннему или летнему, в зависимости от направления хозяйства, предположенного к организации на осушаемой территории;

б) низкому меженному (бытовому);

в) среднему меженному.

Приводка паводковых горизонтов производится к мгновенному уровню, а меженних к однодневному (раздел II, гл. I, § 10). По приметам на берегах или по опросу местных жителей отмечается горизонт высоких вод и нивелируется. В случаях подпруд, перепадов и пр. обязательно нивелируются горизонты воды и нижнего и подпертого бьефов.

Контуры реки между поперечниками снимаются тахеометрически или глазомерно.

Как магистраль, так и поперечники привязываются и в плановом и в высотном отношении к опорным пунктам, установленным при площадных изысканиях на осушаемой площади.

2) Гидрологические работы. Гидрологические работы заключаются в установлении ряда водомерных постов в характерных местах (в нижней части участка реки, подлежащего урегулированию; ниже впадения притоков с заметным расходом воды в меженнее время; в сечениях, где измеряется уклон реки; при резких изменениях формы русла реки и в верховой части исследуемого участка реки) и в организации на них наблюдений за колебанием горизонтов и расходов воды. В паводки желательно определение количества наносов как взвешенных, так и донных. Измерение скоростей течения желательно вертушками, но в реках с сильно заболоченными берегами определение скоростей допустимо и поплавками.

3) Геологические и гидрологические работы. Этого вида работы должны:

а) выяснить общее геологическое строение местности;

б) исследовать интенсивность подземного питания реки и направление течения грунтовых вод;

в) определить механический состав и основные свойства грунтов;

г) определить величину допускаемых скоростей в грунтах, слагающих берега реки;

д) определить углы естественных откосов (в грунтах сухих и мокрых);

е) определить залегание водоносных пластов.

Все эти работы производятся путем маршрутной рекогносцировки с заложением ряда шурфов.

4) Почвенно-грунтовые и геоботанические работы. Вместе с геологической съемкой ведется и почвенно-грунтовая маршрутная съемка всей поймы реки.

5) Изучение водного хозяйства. В отношении водоприемника при рекогносцировочных обследованиях ведется тщательный осмотр всех гидротехнических сооружений на реке с изучением тех задач, для которых служат эти сооружения. Ведется обследование всех видов водного хозяйства; обследуются существующие судоходство, гидроэнергетика, орошение, рыбное хозяйство и др., фиксируя то положение, в котором они находятся на данный момент. В местных плановых органах собираются материалы о перспективах на будущее по всем видам водного хозяйства данного водотока, выбранного в качестве водоприемника.

4. Изыскания на заболоченных площадях

Изыскания по удалению дренируемых вод заключаются в изучении тех направлений или тех трасс, по которым проектируется проложить осушительные каналы или дрены. Изучение это ведется путем ряда работ.

1) Топографические работы. При составлении общей схемы осушения не столь большой площади (до 10—20 тысяч гектаров) обычно никаких специальных топографических работ в поле по трассам не ведется. Лишь при площадях осушения порядка 20 тысяч и более в поле трассируется только один главный коллектор с двойным измерением линии и двойной нивелировкой. На каждом пикете нивелируются верх болота, горизонт воды и минеральное дно болота и замеряется толщина слоя торфа.

2) Геологические и гидрогеологические работы. Для проектного задания обычно довольствуются маршрутной съемкой, сделанной при обследовании площади осушения, на основании которой геолог дает примерный геологический разрез по трассе, и со стороны гидрогеолога также даются предварительные соображения о предполагаемой интенсивности выклинивания грунтовых вод по линии трассы коллектора.

3) Изучение водного хозяйства. В случае использования под главный коллектор существующего водотока изучение водного хозяйства этого водотока ведется во всем так же, как и по водоприемнику.

5. Изыскания по удалению внешних вод

Для изоляции осушаемой площади от попадания на нее воды извне обычно в окружении болота проводятся канавы, которые носят название «ловчих» или «нагорных» канав.

Первые служат для перехватывания грунтовых вод, а вторые — поверхностных.

1) Топографические работы. Если как на осушаемую площадь, так и на окружающую болото местность имеется план в горизонталях дневной поверхности и минерального дна болота и на основе этого плана сделана гидрогеологическая маршрутная (а быть может и более того — подробная) съемка, то места возможных грунтовых потоков выявляются и без полевых работ. Тогда камеральным путем по плану трассируются ловчие канавы. Если же гидрогеологические материалы недостаточны, то одновременно с гидрогеологическими исследованиями в поле намечается линия ловчих канав и трасса заснимается, т. е. измеряется длина, измеряются углы и нивелируется местность по трассе канавы.

Нагорные канавы для схемы не трассируются в поле и обычно намечаются по плану, полученному при исследовании осушаемой площади.

2) Гидрогеологические и геологические работы. Гидрогеологические и геологические работы заключаются в том, что при маршрутной съемке, производящейся для изучения осушаемой площади, один из маршрутов обычно проходится по предполагаемой линии или нагорных или ловчих канав.

После запроектирования направлений этих канав геолог должен дать эскизный геологический профиль, а перед проектировкой должны быть предположительно указаны места и направления грунтовых потоков.

6. Прочие исследования

а) **Изучение водного хозяйства района.** В целях всестороннего изучения осушаемого района надлежит в первую очередь изучить водное хозяйство всего района, охватывая и соседние, прилегающие к данной площади районы. На местах собираются сведения об энергетических ресурсах как на данный момент, так и проектируемых в перспективе с целью учета этих обстоятельств при проектировании осушения (гидротехнические сооружения могут влиять, или повлиять в будущем, на режим водоприемника, или в случае отсутствия благоприятного водоприемника для самотечного сброса воды, используя дешевую энергию, можно будет удалять дренируемую воду механическим путем и т. п.).

Так же точно должны быть собраны материалы и по водному транспорту (судоходство, а чаще сплав леса) как современному, так и проектируемому в будущем.

Сбор материалов по рыбному хозяйству является обязательным ввиду возможного получения с осушаемых полей негодной воды для рыбного хозяйства или, наоборот, возможности разведения более хороших пород рыб после отвода застоявшейся воды.

В общем все виды водного хозяйства должны быть отражены в собранных материалах.

б) **Экономические исследования.** Экономические исследования должны дать материалы, дополняющие имеющиеся в литературе сведения по: а) сельскому хозяйству, б) промышленности, в) лесному хозяйству, г) транспорту (всех видов), д) труду, е) населению и пр. данные, позволяющие судить об экономической мощи района, о тенденции и направлении развития народного хозяйства данного и сопредельных районов.

в) **Фотографические работы.** При всех видах работ интересные места и моменты работ должны быть сфотографированы (места, намечаемые под сооружения, существующая растительность, типы болот, образцы разреза В грунтов, разрезы и т. п. подлежат фотографированию).

7. Отчетные материалы

По окончании изысканий результаты полевых работ иллюстрируются двумя видами документов: а) отчетные сведения о произведенных работах, б) материалы исследований.

а) **Отчетные сведения** о произведенных работах заключаются: 1) в записке, содержащей указания о цели исследовательских работ с описанием произведенных работ и сводные данные по каждому виду работ, их единичной и общей стоимости; 2) в перенумерованных с описью подлинных журналах полевых работ, а также и дневниках работ; 3) в фотографических снимках с кратким их описанием и 4) в программе исследований, необходимых для составления технического проекта осушения.

б) **Материалы исследований** должны быть представлены в следующем виде: 1) записка, заключающая в себе краткое описание бассейна реки и района, подлежащего осушению, в отношении характеристики топографических, гидрологических, геологических, водохозяйственных и экономических данных; 2) графические материалы и ведомости, как-то:

А. План долины реки с нанесением на нем основных данных съемки.

Б. План в горизонталях осушаемого участка, составленный на основе магистрали и поперечников в масштабе 1:25 000 — 1:100 000 (в зависимости от величины площади осушения).

В. Профили болот с нанесенными на них линиями дна болота, горизонтов грунтовых вод, толщины торфяного слоя.

Г. Выкопировка карты возможно крупного масштаба водосборной площади болота с его водоприемником.

Д. План водоприемника в более крупном масштабе.

Е. Геологическая и гидрогеологическая карты (карта изогипс) площади осушения в масштабе, аналогичном основному топографическому.

Ж. Трассы коллекторов или профили водотоков, заменяющих коллектора, если они трассировались в поле (план и продольный профиль).

З. Почвенно-грунтовая и геоботаническая карты того же масштаба, что и топографическая, с описанием характера растительности и лесных насаждений.

И. Продольный профиль водоприемника на исследованном участке с отметками горизонта воды, приведенными к одному дню.

К. Ведомости колебания температур, осадков, атмосферного давления и прочих метеорологических показателей.

Л. Заключение культур-техника о возможном на данной территории типе хозяйств.

§ 9. Изыскания и исследования для составления технического проекта

1. Исследования заболоченной площади

1) Топографические работы. Для технического проекта вся площадь осушения заснимается в горизонталях (через 0,25 м) в масштабе 1:10 000 и для малых площадей 1 : 5 000.

Прежде всего при съемке провешивается теодолитом магистральный ход с наименьшим числом углов, прокладывается он вдоль продольной оси болота

(приблизительно) или по наибольшему скату болота. Кроме обыкновенных вех высотою до уровня глаза, забиваются пикеты через 100 м.

В зависимости от очертания болота, а также от присутствия в нем суходольных островков (грив), провешивают по направлению, примерно перпендикулярному магистрали, под одним румбом поперечники через каждые 100—500 м (смотря по сложности рельефа поверхности болота и той тщательности, с какой хотят выявить рельеф). Пикеты, забитые до дневной поверхности болота, занивелировываются, а также нивелируется (не на всех пикетах) горизонт воды на болоте, если такой имеется (при обработке эти горизонты приводятся к однодневному). Расположение сети изыскательских ходов, поперечные ходы располагаются в виде буквы П для возможности связать их с магистральным ходом при нивелировке и съемке.

При пересечении ходовой линией островов, грив, канав, дорог, границ разнородных растительных формаций, тальвегов и пр. необходимо их отмечать в пикетажной книжке и нивелировать их характерные точки, а также все подобные предметы, видимые в стороне ходовой линии. Репера устанавливаются — примерно на каждые 500 га 1 репер. При изысканиях на болотах грунтоводонапорного питания кроме рельефа поверхности и дна болота на полосе в 200—400 м шириной у террасного уклона является еще обязательным изображение давления грунтовых вод в эквипотенциалях. Для этой цели производят определения давления грунтовых вод в слое, расположенном на 0,25 м выше поверхности минерального дна болота, посредством пьезометра проф. Брудастова. Точки расстановки пьезометра приурочиваются примерно к горизонталям поверхности, проходящим над уровнем минерального дна болота. Другая более или менее параллельная линия тоже для постановки пьезометра располагается по высоте ниже, чем первая линия,— по горизонтали, проходящей уже по месту с небольшой мощностью торфа. По указанным двум линиям пьезометр устанавливается через 50—25 м. Указанные ходовые линии наносятся на план. Давления по пьезометру откладываются из соответствующих точек постановки пьезометра по перпендикулярам в масштабе и вычерчиваются кривые изменения давлений. *

Трассы коллекторов, запроектированные в проектном задании по плану (или по предварительной полевой трассе), укладываются на местности, внося в поле соответствующие изменения. Трассировка ведется с замером углов 1-минутным теодолитом (с привязкой к опорным пунктам съемки) двойным измерением и нивелированием линии с разбивкой кривых и замером толщины торфа на каждом пикете, с занивелированием верха болота (уровень, до которого погружается в болото нога под тяжестью человека), горизонта грунтовых вод и минерального дна болота.

На плане в конечном счете должны быть изогипсы верха болота, дна болота и горизонта грунтовых вод.

Отметки дна болота и горизонта воды берутся или по шурфам, выкопанным при геологической и почвенной съемках (и обязательно определенным на мензуле засечкам), или по шурфам же, выкопанным по специально разбитым поперечникам.

Для съемок планов суходолов и болот целесообразно применять аэрофотосъемку (раздел II, гл. V).

Изыскание на болотных озерах. Озера на верховых болотах почти исключительно приурочиваются к водоразделам и делятся на следующие типы:

* Описание пьезометра системы проф. А. Д. Брудастова, см. Брудастов «Осушение болот и регулирование водоприемников», изд. 1932 г., стр. 315.

а) озера атмосферного питания, дно которых выстлано большим слоем ила, большей частью имеющего происхождение из местного торфа; такие озера можно осушить совершенно, или по крайней мере понизить в них уровень воды;

б) озера грунтовонапорного питания; эти совершенно не имеют ила;

в) озера грунтового питания; в этих случаях минеральное дно покрыто равномерным слоем ила, в значительной степени потерявшего свою структуру.

Окончательно осушить озера категорий б) и в) почти невозможно.

При исследовании указанных озер выясняют их контуры путем обхода вокруг них и заснятия ординатами главнейших изгибов.

Для выяснения рельефа дна озера — минерального и поверхности ила — производятся замеры глубин от поверхности воды: а) до поверхности «бузы», т. е. разжиженного ила и растительных остатков и б) до поверхности минерального дна. Замеры производятся наметкой по двум наиболее характерным «осям» контура озера в точках, примерно, через 100—200 м, смотря по величине озера. Точки замеров определяются засечками. Горизонт воды в озере при промерах нивелировочно привязывается к общей нивелировке. Для уточнения и удешевления подобных съемок их рекомендуется производить со льда. Если озеро велико и имеет продолговатую форму, то рельеф поверхности бузы в озере и его дна снимается посредством ряда параллельных поперечников на взаимном расстоянии 200—500 м. У периферии озера необходимо промеры делать чаще, не реже 50 м, для выяснения рельефа вновь образованной дневной поверхности, вследствие понижения уровня воды в озере.

Замеры глубины озера и льда удобно производить зондом **Гиллера** с гладкой без выпуклых муфт штангой. Для одновременного промера глубины до поверхности ила употребляется диафрагма. Последняя состоит из диска диаметром в 40 см, сделанного из фанеры, окованной по периметру жестью и тщательно за несколько раз покрытой лаком, чтобы от воды не коробиться. В центре диска устроена муфта, свободно, но без особых зазоров, проходящая через штангу зонда. Внутри муфты укреплена продольная пружина, чтобы диск не мог передвинуться вследствие своей тяжести. При погружении наконечника зонда до минерального дна озера диск останавливается на поверхности ила.

2) Гидрологические работы. Гидрологические работы при исследовании заболоченной площади заключаются в определении количества атмосферной воды, выпадающей на данной площади, определяемого на метеорологической станции (или нескольких станциях), установленной вновь в районе или на существующей уже, и измерением расходов воды на водотоках, протекающих по данной местности.

Измерение производится на гидрометрических станциях, установленных в местах, где данный водоток попадает в район, намеченный под осушение. Кроме того по всей площади и по водотокам и в болотах с водой устанавливается ряд водомерных постов для наблюдения за колебаниями горизонта воды.

Эти работы являются продолжением работ, начатых в период изысканий для проектного задания.

3) Геологические и гидрогеологические работы. Геологические работы, необходимые для составления технического проекта, должны проводиться с расчетом полного их окончания и выявления тектоники района, фильтрационных свойств пород, петрографического состава грунтов. Съемка ведется в масштабе топографической съемки или немного менее (но не более чем в два раза мельче).

Гидрогеологические работы заключаются в общей гидрогеологической съемке с точной характеристикой водоносных горизонтов в отношении их напора, мощности и направления грунтового потока и химического состава воды.

По всей исследуемой площади требуется сделать ряд геологических разрезов, совмещаемых обычно с поперечниками через болото, с целью съемки дна болота и горизонта грунтовых вод.

Материалами для построения геологических разрезов болота должны быть:

а) нивелировка по линии разреза как самого болота, так и суходолов, прилегающих к болоту;

б) зондировка болот около занивелированных точек;

в) пробы торфа, взятые зондом Гиллера на всю глубину сплошной колонкой на каждом пикете (через 100 м);

г) пробы сплошной колонкой минерального грунта как из шурфов, заложенных на суходоле у болота, так и из буровых скважин, устроенных на некоторых пикетах болота;

д) данные бурения на болоте у склонов минерального берега;

е) характеристика микрорельефа болота;

ж) данные геоботанического исследования по линии разреза болота;

з) горизонт грунтовых вод в летнее засушливое и сырое весеннее время.

Все эти данные наносятся на соответствующие пикеты (на плане) или на точки между ними и соединяются между собою кривыми для получения непрерывного разреза.

4) Почвенно-грунтовые и геоботанические работы. Так же как и геологические работы, почвенно-грунтовые при исследованиях делаются в окончательной форме. Обычно производится сплошная съемка в том же масштабе, что и геологическая (т. е. в том же, что и топографическая, или мельче, но не более чем в два раза).

2. Исследования водоприемника

Перед производством изысканий с целью осушения болот необходимо убедиться в удовлетворительности водоприемника.

В качестве водоприемников могут быть:

а) реки с высокими крутыми берегами,

б) реки более или менее заболоченные,

в) овраги,

г) глубокие тальвеги,

д) озера незаболоченные.

В качестве признаков удовлетворительности водоприемников могут быть указаны такие (на участке, выбранном для сброса):

1) Уровень летних паводковых вод должен быть ниже поверхности окружающей его поймы по крайней мере на 0,3—0,5 м.

2) Скорость движения воды при бытовом горизонте, т. е. при наиболее продолжительном (из низких), должна быть не менее 0,20 м/сек.

3) Чтобы уровень (бытовой) воды в створе, куда будут сбрасываться воды, был ниже наиболее пониженного места осушаемой площади на величину $H=h+0{,}0002\ L$, где h—величина понижения бытового уровня воды в каналах, считая от бровки, и L—расстояние от указанного пониженного места по кратчайшему направлению запроектируемого канала до водоприемника.

1) Топографические работы. Топографические работы заключаются в съемке места, намеченного под водоприемник, в масштабе 1:2000—1:500 в зависимости от размеров реки с точным выявлением отметок берегов (реки, озера, тальвега и т. п.) и всей окружающей поймы.

2) Гидрологические работы. Гидрологические работы представляют собой продолжение наблюдений стационарного порядка на гидрометрических, водомерных и метеорологических станциях, организованных еще при исследованиях для проектного задания.

3) Геологические работы. Геологические исследования водоприемника заключаются в определении строения грунтов и их плотности. Для этого делается съемка в масштабе 1:2000—1:5000 и 2—3 геологических разреза. Определяются механический состав грунтов, допускаемое напряжение на грунт, упругие и фильтрационные свойства основания будущего устьевого сооружения.

3. Изыскания по удалению внешних вод

Удаление внешних вод с осушаемой площади или недопущение их на таковую производится нагорными и ловчими канавами, поэтому помимо специфических работ им присущи все виды работ, которые производятся для каналов вообще.

1) Топографические работы. Топографические работы заключаются в трассировке ловчих и нагорных канав, если нет плана в горизонталях (подробного). Если же имеется план в горизонталях, то линии их предварительно намечаются на плане и затем эти линии переносятся на местность. Ловчие канавы намечаются на плане совместно с гидрогеологом на основе полевых гидрогеологических работ. Ловчие канавы для перехватывания выклинивающихся грунтовых вод в виде сплошного слоя должны трассироваться примерно вдоль линии сечения двух поверхностей: дневной и поверхности грунтовых вод. Если же указанная линия будет далеко входить в болото, то ловчие канавы трассируются примерно вдоль границы болота с тем, чтобы грунтовая вода подавалась в них посредством вертикально поставленных в дно их труб, нижние концы которых должны быть опущены до уровня грунтовых вод. Ловчие канавы для перехватывания выклинивающихся грунтовых вод в виде жильных потоков трассируются вдоль притеррасной полосы болота (в ширине до 300 м). Трасса таких каналов приурочивается к наиболее глубоким впадинам минерального дна болота. Глубину таких каналов желательно доводить до минерального дна болота — в случае слоя торфа не более порядка 3 м. Если мощность торфа очень велика, то глубина канала доводится до 3 м, а по более глубоким впадинам дна болот устанавливаются вертикильные трубы; верхним концом они входят в откос выше расчетного горизонта.

2) Гидрологические работы. В тех случаях, когда внешними водами, заболачивающими площадь, являются поверхностные водотоки, для получения возможности рассчитать нагорные канавы необходимо иметь гидрометрические данные по этим водотокам. Внешними водами также могут быть стекающие атмосферные осадки, и для учета их на местности устанавливается метеорологическая станция. Как гидрометрические, так и метеорологические наблюдения ведутся без перерыва по крайней мере 1—2, а лучше и более лет. Гидрометрические станции устанавливаются на всех водотоках, втекающих на данную площадь, в местах их входа (на границе площади).

3) Геологические и гидрогеологические работы. Одновременно с трассировкой нагорных и ловчих канав производится шурфование или бурение для получения геологического профиля и для поверки предварительного заключения гидрогеолога о местах грунтовых потоков, которые должны перехватываться ловчими канавами.

4) Изучение водного хозяйства. В тех случаях, когда внешними водами являются поверхностные водотоки, которые ниже осушаемой площади используются народным хозяйством в том или ином направлении, производится тщательное изучение всех отраслей этого хозяйства как в современном состоянии, так и перспектив развития на будущее время путем сбора материалов и сведений из местных плановых и прочих организаций.

4. Изыскания по отводу дренируемых вод

Намеченные в проектном задании (по плану в горизонталях) главные линии осушительных открытых канав или дрен, а нередко и линии коллекторов 2-го порядка, для технического проекта исследуются уже в поле.

1) Топографические исследования. Главные коллекторы с расходом воды до 3—5 м³/сек. и коллекторы 2-го порядка, намеченные по плану в горизонталях, в поле разбиваются на место с промером линий, измерением углов и продольной нивелировкой поверхности и дна болота и горизонта грунтовых вод. Сеть этих ходов (по линиям канав или дрен) привязывается к плановой и высотной основе, служившей для съемки осушаемой площади.

2) Геологические работы. При укладке линий канав и дрен (трасс) делаются шурфы или буровые скважины (а чаще грунты узнаются щупом), которые одновременно служат и для распознавания грунта и для пределения дна болота и глубины залегания грунтовых вод.

5. Прочие исследования

а) **Изучение водного хозяйства.** При составлении технического проекта все отрасли водного хозяйства должны быть обследованы как по главному водотоку, используемому под водоприемник, так и по притокам, впадающим в главный водоток и протекающим по ссушаемой площади. Обследование состоит в дополнении и уточнении материалов по водопользованию, полученных при составлении схемы осушения. В результате должны быть получены сведения: о характере и размерах существующего энергетического, транспортного, ирригационного, санитарно-технического использования водотока, об имеющихся в плановых органах и отдельных учреждениях предположениях в отношении комплексного (или ведомственного) использования главного и второстепенных водотоков и существующих вододействующих установок и влияния их на естественный режим реки, а также о характере и размерах рыбного хозяйства.

б) **Экономические исследования.** Экономические исследования имеют целью получение данных, освещающих экономику: сырьевые и вообще с.-х. ресурсы района исследований, потребление и потребности в будущем всех видов сырья как населением, так и промышленными предприятиями.

Для района, непосредственно проектируемого к осушению, должно быть произведено:

1) собирание данных, выясняющих характерные особенности района в отношении основных отраслей народного хозяйства и производительных сил района;

2) изучение сельского хозяйства в отношении его развития и индустриализации и требований, предъявляемых этим развитием к сельскому хозяйству;

3) изучение данных об удовлетворении потребностей населенных пунктов продуктами сельского хозяйства в настоящее время и размеров потребления в будущем (учитывая динамику роста населения).

в) **Опытно-исследовательские работы.** Ввиду того что работа гидротехнических сооружений протекает в разнообразных природных условиях, то для очень многих случаев техника не обладает соответствующими техническими нормами для проектирования. Поэтому в последнее время признается наиболее правильным проведение опытно-исследовательских работ и в полевой, и в лабораторной обстановке, имеющих целью получение данных, освещающих важнейшие технические свойства грунтов, стройматериалов и работу основных (ответственных) гидротехнических сооружений.

По грунтам: а) определяются физико-химические свойства грунтов и грунтовых вод в основании фундаментов сооружений, по каналам и т. п.; б) изучение влияния грунтовых и водных солей (сернокислых и пр.) на прочность бетонной кладки; в) изучается состав бетона в лабораторной обстановке.

Технические свойства стройматериалов изучаются со стороны: пористости, водопоглощаемости, пластичности, механической прочности и морозостойкости.

Помимо того в соответствующих случаях изучается вопрос о грунтовом водоотливе.

г) **Организационно-строительные исследования.** Организационно-строительные исследования имеют целью изучение условий производства строительных работ и должны дать сведения о:

1) строительных материалах, условиях их добычи и стоимости на месте намечаемых работ;

2) рабсиле и ее стоимости, коммунальных и бытовых условиях;

3) существующих путях сообщения в районе намечаемых сооружений и необходимом их развитии в связи с намечаемыми работами.

д) **Фотоработы.** Фотографические работы должны дополнить полученный при исследованиях для схемы материал, иллюстрирующий характерные места реки, берегов, долины, отдельных мест болота, отдельных экземпляров лесной растительности, являющихся характерными для данной местности или отдельного участка.

6. Последовательность работ и их особенности

При изысканиях, производимых для проекта осушения площадей, в первую очередь надлежит убедиться в возможности осушения данного участка, т. е. в удовлетворительном состоянии водоприемника. Эта работа проводится при разбивке и устройстве основной опорной сети (плановой и высотной), когда нивелируется основная магистраль, доводимая до водоприемника.

Топографические работы, производимые для составления общего плана осушаемой местности, являются первыми работами при изысканиях для осушения.

На основе этого плана проводятся геологические, гидрогеологические, почвенно-грунтовые и ботанические работы.

Гидрологические работы проводятся независимо от прочих, за исключением того обстоятельства, что отметки реперов на водомерных и гидрометрических постах и станциях должны быть получены от общей высотной основы.

Особенностью изысканий для осушения являются трудности работы на болотах. В этих случаях часто предпочитается зимний период работ, когда болото замерзает.

7. Отчетные материалы

По окончании изысканий и исследований составляется отчет, представляющий собой документы двух видов: а) отчетные сведения о произведенных работах и б) материалы изысканий и исследований.

а) **Отчетные сведения о произведенных работах** заключаются в: а) пояснительной записке, содержащей: указание о цели и назначении исполненных работ, описание произведенных работ в отношении методологии, организации и условий производства и финансирования работ, суммарные данные по каждому виду работ и по их единичной и общей стоимостям, а также опись исследовательских материалов, полученных в результате произведенных работ; б) пронумерованных, с описью, подлинных журналах полевых работ и дневнике работ; в) фотографических снимках с кратким описанием их; г) образцах грунта из шурфов и скважин.

б) **Материалы исследований.** Материалы исследований содержат: а) записки с теми же описаниями, что и при отчете об изысканиях для проектного задания, и б) графические приложения и ведомости, а именно:

А. План долины реки с нанесенными на нем основными данными съемки.

Б. План в горизонталях осушаемого участка в масштабе 1:10 000 с нанесенными на нем всеми ходами и проделанными в поле трассами (осушительных канав, нагорных и ловчих канав).

В. Карта района с нанесенным водосборным бассейном.

Г. План места, намечаемого под водоприемник, в масштабе 1:1 000—1:2 000 с разрезами по линии сделанных профилей.

Д. Геологическая карта района в масштабе не менее чем 1 : 50 000 и карта гидроизогипс с геологическим и гидрогеологическим очерком.

Е. Геологические профили болота.

Ж. Почвенная карта (геоботаническая) в масштабе не менее чем 1:50 000 с соответствующим очерком.

З. Продольные профили по трассам осушительных канав, а также нагорных и ловчих канав, а по нагорным канавам, если они идут по косогорам, то и поперечные профили.

И. Ведомости и графики колебаний расходов и горизонтов воды по всем водомерным и гидрометрическим станциям.

К. Ведомости колебаний температур, осадков, атмосферных давлений и прочих метеорологических показателей.

Л. Записка о строительно-организационных исследованиях.

ГЛАВА IV

ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Основные задачи и составные части изысканий. При составлении проектов водоснабжения как населенных пунктов (городов, сел, совхозов и пр.), так и промышленных центров и различных предприятий приходится разрешать одни и те же по существу задачи, а именно:

а) выбрать источник водоснабжения;

б) выяснить условия подачи воды к месту потребления;

в) исследовать способы распределения воды по потребляющему району (селению, городу, предприятию);

г) выяснить условия сброса сточных вод.

§ 10. Изыскания для составления проектной схемы или проектного задания

Составлявшиеся до настоящего времени проекты водоснабжения обычно имели своими объектами или небольшие участки сельских местностей, ограничивавшиеся большей частью бассейном одной очень небольшой речки, а иногда и оврага или балки, или какой-нибудь крупный населенный пункт (город), или крупное промышленное предприятие. Во всех случаях здесь задача в общем разрешалась путем составления проектного задания (1-я стадия) и технического проекта (2-я стадия).

В настоящее время, когда приходится заниматься вопросами обводнения или водоснабжения громадных пространств (как например обводнение громадных степных пространств в Казахстане в целях животноводства), к разрешению задачи приходится подходить путем постепенных решений сначала общих вопросов водоснабжения (схема); затем, разделяя весь проект по тем или иным признакам (по территории, по характеру водоснабжения, или по другим признакам) на ряд отдельных проектов, для которых составляются свои проектные задания, объединенные общим решением вопроса водоснабжения, и наконец, по одобрении последних, приходится приступать к техническому проекту водоснабжения, иногда же последние выполняются, минуя предыдущие стадии.

Проектная схема составляется, следовательно, главным образом в случаях разрешения проблемы водоснабжения больших пространств и занята лишь общими вопросами. Для крупного объекта она является и проектным заданием.

1. Изыскания источника водоснабжения

1) Гидрологические работы. Во всем районе, намеченном под водоснабжение, должны быть изучены все водотоки и водоемы. На всех по возможности реках, притоках, ручьях, родниках, озерах и т. п. должны быть поставлены водомерные и гидрометрические посты в расчете, чтобы по всему району и его определенным частям можно было бы определить средний сток, а включив в сеть гидрометрических станций все существующие станции, имеющие наблюдения за ряд лет, было бы возможно определить (путем корреляции) средний многолетний сток, максимальный и минимальный годовой сток; одновременно необходимо осветить условия ледохода и ледостава на реках. Весь изучаемый район должен быть покрыт рядом метеорологических пунктов, включая в сеть пунктов и существующий пункт, ведущий наблюдения уже ряд лет.

Для того чтобы были правильно расставлены как водомерные и гидрометрические посты (приуроченные очень часто к месту, намечаемому под устройство гидротехнического сооружения), так и метеорологические пункты, в начале работ главный инженер и инженер-гидролог объезжают вместе весь район, и попутно устраиваются указанные водомерные и метеорологические пункты.

2) Геологические и гидрогеологические исследования. Геология и особенно гидрология района должны быть освещены особенно полно, потому что очень часто водоснабжение отдельных пунктов гораздо проще, легче и дешевле произвести путем устройства колодцев, чем подавать воду издалека. Геологические и гидрогеологические исследования должны дать: геологическую карту в масштабе 1 : 50 000 или 1 : 100 000, карту глубин залегания грунтовых вод и карту изогипс, с

характеристикой грунтовых вод (с химической и бактериологической точек зрения). Грунтовые воды должны быть охарактеризованы как с качественной, так и количественной сторон.

3) Изучение водного хозяйства и водопотребления. Водные запасы как поверхностные, так и глубинные должны быть изучены всесторонне с точки зрения водного хозяйства. В данном источнике водоснабжения могут быть заинтересованы энергетики, транспорт, ирригация, рыбное хозяйство и прочие отрасли народного хозяйства. Все эти отрасли хозяйства используют источники в разных направлениях. Некоторые предприятия могут использовать этот источник как водоприемник для сбросных сточных вод и тем самым загрязнить его.

4) Топографические работы. К имеющемуся общему плану местности, подлежащей обводнению или водоснабжению (плану в горизонталях), желательно иметь продольные профили по всем водотокам и водоемам с приведенными горизонтами воды к одному дню. Производится это путем нивелировок этих рек и водотоков вообще с точностью, полагающеюся для двойной технической нивелировки.

2. Изыскания водоводов (условия подачи воды к месту потребления)

1) Топографические исследования. Подача воды к месту потребления совершается чаще всего трубопроводами, реже каналами. Линия, намеченная под магистральный водовод, трассируется на месте. На трассе должны быть отмечены все пересечения с препятствиями (железные дороги, реки, балки, староречья и т. п.). Точность измерения линии, углов поворота и нивелировки — обычная, предъявляемая к любой магистральной линии при гидротехнических изысканиях. Трасса как в плане, так и по высоте должна быть привязана к имеющимся общегосударственным опорным пунктам. В результате должен быть дан план трассы в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 20 000. В интересных местах должны быть взяты поперечные профили (в местах пересечения высоких водоразделов, глубоких лощин и т. п.), показывающие, что обойти это место с водоводом нельзя.

Места пересечений трассы с препятствиями (железными дорогами, реками и т. п.) должны быть засняты в масштабе 1 : 2 000—1 : 5 000 с горизонталями через 0,5—1,0 м.

2) Геологические исследования. По проектируемой линии водовода, т. е. по трассе, должен быть дан эскизный геологический профиль с показанием уровня грунтовых вод или хотя бы ряда скважин и шурфов. Все места, опасные со стороны оползней, просадок карста, должны быть тщательно обследованы и показаны на профиле.

3. Исследования района или пункта потребления воды

1) Топографические работы. Для получения возможности проектирования основной разводящей сети водопровода или наметки пунктов подачи воды из водоводов необходимо весь район потребления воды заснять и получить план в горизонталях масштаба не мельче чем 1 : 50 000, лучше 1 : 25 000, с горизонталями через 1,0—5,0 м.

2) Геологические и гидрогеологические работы. По району или пунктам потребления воды или ряду отдельных пунктов необходимо произвести геологическую и гидрогеологическую съемку в масштабе не мельче чем 1 : 50 000 или 1 : 100 000 с показанием глубин залегания грунтовых вод, мест возможных просадок и оползней.

Грунтовые воды должны быть изучены со стороны их химического состава и качества вообще. Должен быть исследован режим грунтовых вод (колебание горизонтов, направление потока и скорость движения его).

Для определения фильтрационных свойств грунтов и дебета грунтовых вод необходимо в характерных местах произвести пробные откачки. Это особенно интересно тогда, когда предполагается применить при производстве работ искусственное понижение грунтовых вод.

3) Водохозяйственные исследования. Путем сбора сведений от всех учреждений и хозяйственных предприятий и получения статистического материала должны быть получены самые полные данные:

а) О проектируемых и существующих промпредприятиях и хозяйствах с соответствующими рабочими и прочими поселками, об окружающих промпредприятиях, населенных пунктах и вообще о всех водопотребителях и водосбрасывателях, об источниках водоснабжения и водосброса и всех водохозяйственных сооружениях.

б) Общее санитарное описание исследуемого района с соответствующими статистическими данными, включая результат объезда и осмотра всего района с выявлением факторов, могущих иметь влияние на загрязнение как источника водоснабжения, так и места сброса отработанных вод как в существующем положении, так и в перспективе развития района.

Источники загрязнения должны в описании иметь подробную характеристику, а местоположение их должно быть нанесено на соответствующий картографический материал.

в) Из хозяйственных, промышленных и планирующих организаций должны быть получены самые полные сведения как о существующих, так и проектируемых предприятиях с данными о расходах воды для промышленных целей на единицу продукции и суммарная потребность, а также:

1) Данные о требованиях производства к качеству воды, а именно:

а) жесткость,
б) прозрачность,
в) количество взвесей,
г) температура,
д) бактериологический состав и т. п.,
е) химический состав.

2) Данные о количестве и температуре отработанной воды и о возможности ее использования с охлаждением или без охлаждения, с очисткой или без очистки.

3) Данные о необходимых свободных напорах:

а) для производственного водопотребления по условиям технологического процесса;

б) для питьевой воды — наивысшее расположение санприборов;

в) для наружного пожаротушения — высота наивысших зданий до карниза конька крыши;

г) для внутреннего пожаротушения — расположение наивысших пожарных кранов.

4) Сведения о количестве населения в поселках и городах по очередям развития населенных пунктов с указанием коэфициентов семейственности.

5) Сведения о коммунальных и общественных предприятиях их пропускная способность и время работы.

6) Данные о близрасположенных предприятиях с указанием сроков пуска их, производящейся реконструкции, для разрешения вопросов об устройстве объединенного водоснабжения, канализации или кооперирования

отдельных сооружений (насосных станций, водонапорных резервуаров, башен, очистных сооружений и т. п.).

7) При возможности присоединения проектируемых водоснабжения и канализации к существующим требуются еще следующие данные:

а) описание существующего водопровода или канализации, проектируемое развитие его;

б) данные о точках присоединения и диаметре магистралей и коллекторов с отметками их заложения;

в) данные о количестве воды, которое можно получить из водопровода в течение суток и по отдельным частям, минимальные напоры и места присоединения в водопроводную магистраль и максимальное наполнение в канализационном коллекторе в месте присоединения;

г) данные, характеризующие отпускаемую воду в отношении ее пригодности для питьевых целей и для промышленных нужд. Данные, характеризующие сточные воды по существующей канализации.

4. Исследования по вопросу сброса сточных вод

1) Топографические работы. План в горизонтах всей местности в масштабе 1 : 25 000—1 : 50 000, как указывалось выше, с горизонталями через 1,0—5,0 м, включая и самые пониженные места (лога, тальвеги или ручьи), имеющие сток в более или менее крупные водные артерии, будет служить достаточной основой для проектирования магистралей для сточных вод.

При проектировании водоснабжения и канализации обширной площади иногда нельзя устроить сброс сточных вод в реку в непосредственной близости к пункту, оборудуемому канализацией. Тогда кроме плана в горизонталях 1 : 25 000 бывает необходимо произвести еще и трассировку главного сбросного коллектора.

2) Гидрологические работы. Место, намеченное под устройство сброса для сточных вод, оборудуется водомерным и гидрометрическим постом с целью получения годового цикла наблюдений над колебанием горизонта и расхода воды. Здесь же ведутся наблюдения над ледоходом, шугой, ледоставом.

3) Геологические и гидрогеологические работы. По линии сброса сточных вод должно иметь эскизный геологический профиль с показанием глубины залегания грунтовых вод.

4) Почвенно-грунтовые исследования. В тех случаях, когда сброс сточных вод производится на поля орошения, необходимо на площади земель, предположенных под орошение, произвести почвенную съемку в масштабе 1 : 50 000 с попутным изучением порозности грунтов и вообще фильтрационной способности их.

5) Изучение водного хозяйства водотока. Водное хозяйство водотока, в который намечено устроить сброс сточных вод, необходимо изучить. Изучению и обследованию подлежат энергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, всесторонне должны быть обследованы предприятия, пользующиеся водой водотока и сбрасывающие свои сточные воды в него как выше проектируемого сброса, так и ниже его.

5. Прочие исследования

1) Экономические исследования. Снабжаемые водою районы должны быть изучены с точки зрения потребностей в воде как в настоящий момент, так и в перспективе. В зависимости от требований на воду должны быть изучены и возможности развития промышленности, сельского хозяйства и прочих видов народного хозяйства. Подлежат изучению: местное сельское хозяйство, транспорт всех видов, рынок труда, лесное хозяйство, рыбное хозяйство и пр. Результат изучения всех видов народного хозяйства даст возможность наметить тот эффект, который можно ожидать от задуманных предприятий, а также и стоимость подаваемой воды.

2) Фотоработы. Все интересные места с точки зрения их использования под устройство того или иного сооружения, места, опасные с точки зрения устойчивости сооружений по тем или иным причинам, желательно фиксировать фотоснимками.

6. Отчетные материалы

Отчетные технические документы представляют собой: а) отчетные сведения о произведенных работах и б) материалы исследований.

а) **Отчетные сведения о произведенных работах должны** представлять собой:

1) записку, содержащую указания о цели исследовательских работ с описанием произведенных работ, и сводные данные по каждому виду работ и их единичной и общей стоимости;

2) перенумерованные (с описью) подлинные журналы полевых работ и дневник работ;

3) фотоснимки с кратким их описанием;

4) программу ,исследований, необходимых для составления эскизного проекта (рабочей гипотезы) или предварительного проекта водоснабжения определенного пункта.

б) **Материалы исследований должны быть** представлены в следующем виде:

1) Карта района с указанием на ней проектируемых объектов и возможных источников водоснабжения и водосброса в масштабе 1 : 50 000 или 1 : 100 000 с нанесением железнодорожных, шоссейных и грунтовых дорог, существующих промпредприятий и населенных пунктов и вообще всех водопотребителей и водосбрасывателей и всех водохозяйственных сооружений.

2) Планы местности намеченных объектов водоснабжения в масштабе 1 : 25 000 с горизонталями через 1,0—5,0 м, с показаниями тех же данных, что и предыдущая карта.

3) Утвержденные генеральные планы площадок промпредприятий, городов, поселений или проектируемых совхозов со всеми службами.

На планах должны быть нанесены планировочные отметки, железнодорожные пути, все существующие водохозяйственные сооружения (насосные станции, резервуары, отстойники и т. п.), подземные сооружения (тоннели, электрические кабели, паропроводы, водопроводно-канализационные трубопроводы и т. п.), места и отметки вводов и выводов канализации и местонахождение очистных сооружений.

4) Продольный профиль трассы водовода в масштабе горизонтальном 1 : 20 000, вертикальном 1 : 200 с показанием всех препятствий, пересекаемых проектируемым водоводом, с показанием отметок основных элементов (горизонты воды, порогов, головка рельса и т. п.).

5) Продольные профили по линиям возможных к использованию источников водоснабжения в масштабе, подобном предыдущему.

6) Общее описание гидрологических условий района, составленное на основании рекогносцировочных изысканий и собранных материалов:

а) общих данных об открытых водных источниках и водоемах (реки, озера, водохранилища), характеризующих возможность использования их для целей водоснабжения и водосброса (а именно: максимальный и мини-

мальный расходы воды, емкость озер, водохранилищ, качество воды в них);

б) общих данных о возможном наличии грунтовых и подземных вод (описание существующих в данном районе грунтовых водозаборов, колодцев, водозаборных глубоких скважин) и откачек при производстве работ и т. п.;

в) общих данных о грунтах, глубине стояния грунтовых вод в характерных местах по площадке промпредприятий или населенного пункта и наиболее вероятных местах расположения проектируемых сооружений на основании нескольких шурфов или разведочных скважин;

г) общие климатологические и метеорологические данные, собранные с местных и установленных вновь метстанций, об:

1) осадках,
2) температуре,
3) влажности,
4) испарении,
5) ветрах,
6) промерзании почвы,

д) общая геологическая карта в масштабе 1 : 50 000 или 1 : 100 000;

е) карта глубин залегания грунтовых вод (гидроизогипс);

ж) химические, механические и бактериологические анализы как поверхностных, так и грунтовых вод;

з) геологические профили по пройденным трассам возможных водоводов;

и) статистические и собранные во время рекогносцировок материалы водохозяйственного порядка;

к) почвенно-грунтовая карта площади, намеченной под поля орошения (если таковая есть), в масштабе 1 : 50 000.

§ 11. Изыскания для составления технического проекта

1. Изучение источника водоснабжения

По характеру своему источники водоснабжения могут подразделяться на следующие типы:

А) источник водоснабжения из открытого водоема естественного (река, озеро);

Б) то же из искусственного водоема (водохранилища), устроенного путем сооружения водоудержательной или водоподъемной плотины для регулирования реки;

В) водоснабжение из грунтовых вод;

Г) водоснабжение из глубоких подземных горизонтов;

Д) забор воды методом инфильтрации.

По выбранному в общей схеме или проектном задании источнику водоснабжения как в местах, намеченных под водозаборное сооружение, так и в местах сброса устанавливаются (если этого не было сделано раньше) водомерные и гидрометрические посты для точного учета режима источника.

В соответствии с тем, каков источник водоснабжения, требуются и соответствующие изыскательские работы, а именно:

а) **Источником водоснабжения является открытый естественный водоем.**

1) Топографические работы. Участок русла реки и поймы водоема, прилегающего к пункту водопотребления, на котором возможно устройство водоприемных сооружений при разных вариантах мест забора воды, охватывая все зеркало будущего водохранилища, при разных вариантах расположения регулирующих сооружений, в том случае если таковые будут намечены схемою, должен быть заснят мензульной планово-высотной съемкой в масштабе 1 : 5 000 или 1 : 10 000 с горизонталями через 0,5—1,0 м.

Для технического проекта производятся подробные съемки и нивелировочные хода под сооружения водозабора; если устраивается плотина, то съемка делается и под водосбросные и водопропускные сооружения.

Далее съемка в масштабе 1 : 1 000 с горизонталями через 0,5—1,0 м на 500 м выше и ниже водозабора. Дно реки и озера, входящие в план, заснимаются также в горизонталях через 0,5—1,0 м. Но кроме того необходимо взять три профиля: по оси водоприемных сооружений и 2 вспомогательным створам, отстоящим от оси на 25—50 м в каждую сторону.

В случае необходимости в устройстве регулирующих сооружений на реке, составляются профили по осям регулирующих сооружений и уточняются план и продольный профиль реки.

2) Геологические и гидрогеологические исследования. В тех же пределах, что и предыдущий пункт, должна быть произведена геологическая съемка (литологическая) в масштабе не мельче 1 : 25 000 с показанием глубины залегания горизонта грунтовых вод, качества этих вод, направления их течения и пр.

Для водоудержательных и водоподъемных плотин составляются подробные геологические профили по оси плотины и вспомогательным створам на 30—50 м (в зависимости от высоты и типа плотины и более) выше и ниже ее (с механическими анализами грунтов).

Подробные геологические профили водосбросных и водопропускных сооружений (с механическими анализами грунтов).

Исследуются всесторонне грунты в основании плотины и под сооружениями с определением угла естественного откоса, угла внутреннего трения грунтов, допускаемого напряжения в грунтах основания плотины и вспомогательных сооружений.

При регулировочных работах на реках (спрямление, обвалование, дамбы, полузапруды и т. п.) составляются геологические профили по осям сооружений с механическими анализами грунтов.

При заборе воды из открытых водоемов составляются подробные геологические профили по оси водозабора, если этого не было сделано при изысканиях для проектного задания.

3) Гидрологические исследования. Как места предполагаемого забора воды, так и сброса сточных вод оборудуются водомерными и гидрометрическими постами, если только таковых не было установлено в прошлые годы. В сеть гидрометрических постов должны быть включены все существующие гидрометрические станции.

4) Прочие исследования. Даются общее описание водоема в отношении его использования с точки зрения судоходства (места пристаней, осадка судов), лесосплава (плотовый, молевой) и данные о мостах и всех водохозяйственных сооружениях, находящихся вблизи от забора воды, а также о соседних водозаборах и их эксплоатации и данные о спуске в водоем сточных вод.

Дается далее санитарная оценка водоема как источника водоснабжения или места сброса воды; качественный состав воды водоема с соответствующими механическим, химическим и бактериологическим анализами.

Санитарно-топографическое обследование водоема с изысканием мероприятий по установлению охранной зоны, с отображением не только существующего состояния, но и в перспективе развития района.

б) Источником водоснабжения является искусственное озеро (водохранилище).

Кроме изысканий, описанных в предыдущем пункте «а», необходимо еще произвести следующие работы:

1) Топографические работы. Место, намеченное под плотину, заснимается в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 2 000 до 1 : 5 000, а по оси плотины кроме того производится нивелировка. На плане в горизонталях (с сечением через 0,25—0,5 м) наносятся максимальные, средние и минимальные горизонты воды.

Площадь чаши водохранилища заснимается в горизонталях с сечением через 1,0—2,0 м в масштабе 1 : 10 000—1 : 25 000.

При съемке водохранилища согласно схеме выясняется отметка максимального горизонта воды и в соответствии с этой отметкой во время съемки чаши водохранилища производится описание подлежащих затоплению угодий, сооружений, строений и предприятий, с целью производства их оценки.

2) Геологические работы. По главному створу проектируемой плотины составляется геологический профиль с механическими анализами грунтов, а по всей площади будущего водохранилища производится геологическая съемка в масштабе не менее чем 1 : 25 000—1 : 50 000. Определяются данные о фильтрационных способностях основания плотины и сомнительных мест чаши водохранилища.

3) Гидрологические работы. В створе плотины устанавливается водомерная рейка, а где-либо поблизости (если место в створе плотины неподходяще) гидрометрический пост, по которому впоследствии и отмечаются максимальный, средний, меженний и минимальный горизонты воды в створе плотины и соответствующие этим горизонтам расходы воды, а кроме того возможные летние, осенние и зимние паводочные расходы и горизонты воды.

4) Прочие исследования. Возможность использования местных строительных материалов (суглинки, глины, песок, галька, камень, лес и пр.) должна быть изучена достаточно полно.

в) **Источник водоснабжения — грунтовые воды.**

1) Топографические работы. Район возможного каптажа грунтовых вод, предварительно установленный в схеме на основе общерекогносцировочных обследований, должен быть заснят в масштабе 1 : 10 000 с горизонталями через 0,5—1,0 м.

2) Геологические и гидрогеологические работы. Весь район должен быть заснят с показанием литологического состава грунтов, мощности водоносного горизонта, направления и скорости движения грунтовых вод с изучением водопропускной способности грунтов путем организации длительных пробных откачек (от 30 до 90 дней) и таким образом с определением мощности грунтового потока с попутным выявлением возможности взаимного контакта между отдельными водоносными горизонтами и поверхностными водами. Лабораторное изучение грунтов (физико-механический состав и водопроницаемость) и грунтовых вод (химико-бактериологический и механический анализы).

Кроме того должны быть организованы работы и стационарного характера по части изучения режима грунтовых вод, а именно таких элементов:

а) колебания уровня грунтовых вод
б) » дебита » »
в) » температуры » » и почвы
г) » состава грунтовых и поверхностных вод

Все скважины и шурфы должны быть привязаны к топографической съемке и по высоте и в плане.

3) Гидрогеологические работы. В случае выхода грунтовых вод на поверхность в виде родников, источников и возможности каптажа последних организуются стационарные гидрометрические наблюдения на каждом потоке, выходящем на поверхность, с изучением колебания состава и температуры выходящих грунтовых вод.

4) Прочие работы. Выбранный источник водоснабжения должен быть обследован с санитарно-технической стороны с изысканием мероприятий по охране его от загрязнения.

г) **Водоснабжение из подземных вод.**

1) Геологические и гидрогеологические работы. В случае возможности использования напорных подземных вод или просто глубоких вод производятся те же работы, что и в пункте «в» с более тщательным изучением: а) условий залегания водоносного горизонта (напорные воды и со свободным зеркалом), б) состава пород, вмещающих в себя водоносный горизонт, в) высоты напора, г) химического состава воды и изменения его с глубиной, д) области питания и е) запасов воды.

д) **Забор воды методом инфильтрации.**

В данном случае производятся все изыскания для водоснабжения из открытых водоемов и для водоснабжения из грунтовых вод с добавлением следующих изыскательских работ:

1) Геологические и гидрогеологические работы. Изучается геологическое строение берега и дна реки в исследуемом районе. Кроме того путем пробных откачек из разведывательных скважин и шурфов изучаются:

а) скорость движения инфильтрационных вод;

б) водопропускная способность грунтов в зависимости от удаления разведывательных скважин и шурфов от линии уреза воды в открытом водоеме;

в) взаимоотношение инфильтрационных и грунтовых вод в зависимости от удаления разведывательных скважин от уреза воды и стояния горизонтов воды в водоеме;

г) состав и температура инфильтрационных вод на основании физико-механических, химических и бактериологических анализов;

д) характер и степень заиляемости пор прибрежных и донных грунтов на основании пробных откачек при различных режимах реки.

2. Изыскания по условиям подачи воды к месту потребления*

1) Топографические работы. По условиям подачи воды к месту потребления приходится для технического проекта лишь уточнять направление трассы водовода (масштаб съемки укрупняется до 1 : 2 000—1 : 5 000) и вносить те изменения в это направление, которые были отмечены при рассмотрении общей схемы в утверждающих инстанциях. Все места пересечений водовода с препятствиями должны быть засняты в крупном масштабе — 1 : 5 000—1 : 2 000, если только этого не было сделано при предыдущих изысканиях.

Вдоль по трассам водоводов составляются планы и профили местности с горизонталями через 0,5—1,0 м в масштабе 1 : 2 000 полосою шириной в 100—200 м с нанесением на плане всех сооружений и препятствий, встречаемых по пути трасс.

Составляются планы в масштабе 1 : 200—1 : 500 с горизонталями через 0,1—0,5 м мест переходов водоводов и коллекторов через реки, балки, староречья, железные дороги, мосты и т. п. с подробными профилями этих мест для проектирования сооружения. Места переходов должны быть согласованы с соответствующими организациями.

---

* В случае подачи воды открытым каналом проводятся те же изыскания, что и для магистрального канала под орошение (раздел, VI. гл. II).

2) Геологические и гидрогеологические работы. Как по линии водовода вообще, так и в местах предполагаемых сооружений необходимы геологические обследования на глубину метров до 3—5 ниже заложения фундаментов сооружений.

Особенно уточняется геологическое строение мест переходов через реки, железные дороги, мосты и т. п.

3. Исследование района или пункта потребления воды

1) Топографические работы. Вся площадь района потребления должна быть заснята в масштабе 1 : 5 000 или в крайнем случае 1: 10 000 с горизонталями через 0,5—1,0 м, в местах сооружений масштаб съемки 1 : 500—1 : 1000.

Главные линии разводящей сети, а также и сбросной (главный коллектор) должны быть протрассированы в поле, и получены продольные профили по этим трассам. В местах пересечения трасс с внешними или подземными сооружениями необходимо брать отметки основных элементов этих сооружений.

2) Геологические и гидрогеологические работы. Уточняются работы по изучению геологии и гидрогеологии всего района потребления. В местах намеченных под сооружения производятся геологические разведки с целью составления геологических разрезов, определения глубин залегания грунтовых вод, их режима и физико-механических свойств грунтов.

3) Водохозяйственные исследования. Сведения, полученные ранее, уточняются и пополняются данными более подробного характера. Необходимо иметь сведения о потребности в воде во времени как по сезонам и месяцам, так и в течение дня.

Уточняются данные о технологических процессах в разрезе их требования к воде, о размерах производства, последовательности расширения сроков пуска предприятий по очередям.

Пополняются данные о расходах воды для промышленных целей на единицу продукции и суммарной потребности по отдельным частям предприятия с подтверждением расходов отраслевыми объединениями или организациями, проектирующими технологический процесс. Пополняются данные о количестве рабочих на промпредприятии или в хозяйственном предприятии и распределении их по сменам и отдельным корпусам с указанием начала и конца каждой смены и о суточных расходах промышленной воды, подлежащей отводу по каждому корпусу с указанием коэфициента неравномерности.

4. Исследования по вопросу сброса сточных вод

1) Топографические работы. Если для проектного задания не прокладывалась трасса главного коллектора сточных вод, то для технического проекта трасса обязательно прокладывается, причем по пути хода линии все пересечения с существующими сооружениями отмечаются на трассе, захватывая отметки главнейших элементов сооружения.

2) Гидрологические работы. Продолжаются стационарные гидрометрические наблюдения на установленных постах во время изысканий, производившихся для проектного задания.

3) Геологические работы. По трассе главного коллектора, в случае недостаточности предварительных исследований, производятся дополнительные шурфовые или буровые разведывательные работы.

4) Изучение водного хозяйства водотока. Уточняются и пополняются данные по изучению энергетики, водного транспорта, рыбного хозяйства и пр., полученные при изысканиях водотока — водоприемника сточных вод, производившихся для проектного задания.

5. Прочие исследования

1) Экономические исследования. Изучение заинтересованных отраслей народного хозяйства, начатое при составлении схемы, должно быть продолжено в направлении изучения требований на воду всеми видами хозяйства, перспектив развития народного хозяйства в связи с намечаемым водоснабжением.

2) Организационно-строительные исследования. Организационно-строительные обследования, имеющие целью изучение условий производства строительных работ, должны дать сведения о: а) местных строительных материалах, условиях их добычи и стоимости на месте намечаемых работ; б) рабсиле и ее стоимости, коммунальных и бытовых условиях; в) существующих путях сообщения в районе намечаемых сооружений и необходимом их развитии в связи с проектируемыми работами.

3) Фотоработы. Фотографические работы должны дополнить полученный материал при изысканиях для схемы, иллюстрирующий характерные места, источники водоснабжения, существующие сооружения и пр.

6. Отчетные материалы

На основании произведенных изысканий и исследований и собранных материалов составляется технический отчет, содержащий:

а) отчетные сведения о произведенных работах и

б) материалы изысканий и исследований.

а) **Отчетные сведения** о произведенных работах должны быть представлены в виде:

1) пояснительной записки, содержащей: описание произведенных работ в отношении методологии, организации условий производства и финансирования работ, суммарные данные по каждому виду работ и по их единичной и общей стоимости, а также опись исследовательских материалов, полученных в результате произведенных работ;

2) пронумерованных, сопровождаемых описью, подлинных журналов, крок полевых работ и дневника работ;

3) фотографических снимков с кратким описанием их;

4) образцов грунтов и воды из буровых скважин и шурфов;

5) перечня материалов, использованных при составлении вышеперечисленных технических документов;

6) программы дальнейших исследований с необходимыми пояснениями.

б) **Материалы изысканий и исследований.** Материалы изысканий и исследований содержат следующее:

1) Краткая записка с описанием бассейна источника водоснабжения в отношении его площади, речной сети, рельефа, орографии, геологических особенностей, метеорологических условий и данных стока; описание источника в отношении топографическом, гидрогеологическом и водохозяйственном; характеристики мест намеченных сооружений в отношении топографии и гидрогеологических данных, физических свойств пород, устойчивости (явлений оползней, просадок, пучин) и результатов

исследования фильтрационных свойств пород, химического, механического и бактериологического состава грунтовых и поверхностных (речных, водоемных) вод.

2) Общую схематическую карту бассейна с указанием на ней исследуемых источников водоснабжения, высотных отметок характерных пунктов долины, гидрометрических и метеорологических пунктов, существующих промышленных и водохозяйственных предприятий и схемы намечаемого водоснабжения, заключающей в себе: места расположения намечаемых потребителей воды с обозначением годового потребления ими воды и с обозначением на карте трасс главных водоводов и коллекторов сбросных (сточных) вод.

3) Ведомости реперов и триангуляционных знаков.

4) План района источника водоснабжения в масштабе съемки с нанесением на нем: реперов и триангуляционных знаков, водомерных постов, гидрометрических станций, буровых скважин и шурфов с обозначением их номеров и высотных отметок.

В дополнение к этому плану при значительном объеме работ составляется сборная карта съемки в масштабе от 0,5 до 2 км в 0,01 м.

5) План района источника водоснабжения с нанесением данных геологической съемки.

6) Геологические профили.

7) Данные по изучению режима грунтовых вод.

8) Данные гидрологической характеристики источника водоснабжения, заключающиеся в графиках колебания горизонта воды, с показанием времени появления сала, начала и конца ледохода, ледостава и отметок нулей водомерных постов; в графиках продолжительности и повторяемости расхода воды — данные о твердом расходе в различные времена года; интенсивность и продолжительность образования донного льда, время появления его, скорость нарастания, максимальная толщина и зоны распространения; шугообразовательная деятельность.

В случае предположения постройки в о д о х р а н и л и щ а:

9) План (в масштабе съемки) чаши водохранилища и план крупного масштаба под плотину.

10) Те же планы с нанесением на них данных геологических и гидрогеологических исследований.

11) Материалы по пробным кратковременным и длительным откачкам.

12) Продольный профиль уточненной трассы главного водовода в масштабе 1 : 20 000 для горизонтального масштаба и 1 : 200 — для вертикального.

13) Планы съемок крупного масштаба мест пересечения водовода с препятствиями.

14) Продольный и поперечный геологические профили по трассе водовода.

15) Данные геологической съемки и исследований мест пересечения водовода с препятствиями.

16) План района потребления воды (в масштабе съемки) с нанесенными на нем проложенными на месте трассами как главного водовода и коллектора для сточных вод, так и вообще всех проложенных трасс.

17) План района потребления воды с нанесенными на нем геологическими и гидрологическими данными съемки (если таковые материалы имеются в необходимом объеме) и планы под отдельные сооружения.

18) Геологические профили по намеченным сооружениям.

19) Продольный профиль трассы сбросного коллектора в масштабе 1 : 20 000 горизонтальный и 1 : 200 — вертикальный.

20) То же геологический профиль с нанесенными горизонтами грунтовых вод.

ГЛАВА V

ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДНОЙ ЭНЕРГИИ

§ 12. Основные задачи и состав исследований

Цели и задачи водноэнергетических исследований являются основными факторами, определяющими состав и степень подробности исследовательских работ.

В соответствии с требованиями общего и строительного проектирования, предъявляемыми к исследовательским работам, последние могут быть подразделены на исследования:

а) рекогносцировочного характера, имеющие целью получение данных, необходимых для составления общей схемы использования реки и выяснения общих энергетических ресурсов ее;

б) исследования более подробные, но производящиеся по изучению реки лишь в зоне намечаемой какой-либо одной гидроустановки из числа быть может многих ГЭС, возможных к постройке, в целях полного использования энергетических ресурсов реки.

После того как участок реки будет изучен и достаточно определенно будет установлено место гидростанции и необходимость в устройстве деривационного канала, приступают к:

в) изучению трассы деривации и к

г) исследованию места постройки гидростанции.

§ 13. Изыскания для выяснения общих энергетических ресурсов реки

Сначала производятся подготовительные камеральные работы, заключающиеся в подборе и изучении изданных, а также неопубликованных материалов, относящихся к намеченной для исследования реки, а именно: по топографии, гидрологии, геологии исследуемого бассейна и реки по существующему и предполагаемому водоиспользованию и по экономике района исследования.

На основе анализа и учета вышеуказанных материалов, составляются программа и план выполнения полевых и камеральных работ. После этого приступают к полевым работам.

1. Топографические работы

В целях получения плана исследуемой долины и продольного профиля реки производится:

а) **Съемка долины реки** в масштабе 1 : 25 000 или 1 : 50 000 с горизонталями через 2,0—5,0 м для равнинных мест и 5—10 м для горных; границы съемок обычно назначаются на 2—5 м выше уровня высоких вод и намечаемого подпорного горизонта воды. В местах, наиболее удобных для устройства гидросооружений, съемка местности производится в масштабе от 1 : 10 000 до 1 : 2 000, в зависимости от ширины долины поймы, с сечением горизонталей, соответствующих принятому масштабу съемки и рельефу местности. Съемка должна базироваться на пунктах триангуляции разных классов, или на полигонометрии.

б) **Нивелировка реки** основывается на технической нивелировке IV, иногда III класса, с привязкой к ней уровня реки в характерных точках, и во всяком случае не реже чем через 3 км точка от точки.

Полевые работы закрепляются постоянными реперами (металлическими, бетонными или каменными), расставляемыми не реже чем через 10 км, и временными (деревянными), закладываемыми через 3—5 км.

В процессе продольной нивелировки нивелируются все репера прежних нивелировок и посторонних организаций, а также и репера существующих и вновь открытых водомерных постов.

Вся система реперов (с координатами и отметками) описывается в ведомости реперов с иллюстрацией их эскизными чертежами, зарисовками и фотографиями.

в) Для судоходных и сплавных рек по руслу реки ведутся **промеры глубин** по косым галсам или поперечным профилям. Измерение глубин привязывается к наблюдениям ближайшего водомерного поста.

2. Гидрологические исследования

На исследуемой реке устраивается не менее одного водомерного поста на протяжении до 50 км (по реке), действие коего желательно сохранить по крайней мере на один год.

Но кроме того водомерные и гидрометрические посты и станции устанавливаются на типичных участках реки, где резко изменяются степень многоводности, продольный уклон и характер долины.

Ввиду того что гидрологические работы имеют целью выяснение характера питания, условий стока реки и установление режима горизонтов и расходов на типичных участках реки, то для выяснения водного режима собираются сведения и данные о режиме реки с действующей гидрометрической сети и дополнительно устраиваются водомерные посты и гидрометрические станции с организацией на них соответствующих наблюдений.

Кроме этого на основной гидрометрической станции производятся (предварительные) исследования по твердому стоку.

Метеорологические работы заключаются в подборе и обработке метеорологических наблюдений по существующей вблизи исследуемой реки сети метеорологических станций. В случае отсутствия таковых — открываются новые метстанции.

3. Геологические исследования

При рекогносцировочных исследованиях и путем изучения геоморфологического материала ориентировочно намечаются участки, на которых по геологическим условиям следует ожидать благоприятных или неблагоприятных условий залегания и строения пород.

Указанный выше материал дополняется:

1) маршрутной геологической и гидрогеологической съемкой долины реки в масштабе 1 : 100 000;

2) в местах намечаемых сооружений более подробно освещаются инженерно-геологические условия путем организации минимального количества разведочных буровых и шурфовых работ (а в отдельных случаях производством пробных откачек) с изучением физико-механических свойств пород.

4. Экономические работы

Экономические исследования заключаются в сборе сведений: об естественных богатствах, сельском хозяйстве, транспорте, промышленности и энергохозяйстве в исследуемом районе, а также о плановых предположениях по реконструкции народного хозяйства, а в связи с этим о перспективах потребления энергии и условиях покрытия нагрузок. В отдельных случаях прорабатываются вопросы транспортно-экономического и ирригационного обоснования схемы реконструкции реки.

5. Изучение водного хозяйства

При рекогносцировочных исследованиях собираются сведения: о характере и размерах судоходства и об условиях сплава, ирригационного, санитарно-технического и земельно-мелиоративного использования реки и ее долины, а также о размерах рыбного хозяйства. Должны быть обследованы и описаны имеющиеся гидротехнические сооружения и устройства (в том числе мосты и переправы). Перечисленные выше сведения необходимы как по существующему, так и по намечаемому в будущем водному хозяйству.

6. Фотоработы

Эти работы имеют целью иллюстрировать характерные места долины реки, ее жизни и способов производства работ.

7. Последовательность работ и их особенности

В период подготовительных камеральных работ уже намечается примерно количество ступеней и величины перепадов, так что следующей работой после этого идут параллельно геологические и топографические. Параллельно устанавливается сеть гидрометрических постов и станций.

Так как цель схемы использования энергии данной реки является изучение и наметка плана использования реки в целом, независимо от количества ступеней и их расположения, то и изучение водного хозяйства является работой, не зависящей ни от какой другой работы. То же следует сказать и об экономических работах. Таким образом в данном случае лишь два вида работ (топографические и геологические) ведутся совместно, а все остальные могут организовываться и производиться независимо одна от другой.

8. Отчетные материалы

После производства изысканий и исследований составляются отчетные документы, содержащие: а) отчетные сведения о произведенных работах и б) материалы изысканий и исследований.

а) **В отчетных сведениях** должны быть представлены:

1) записка, содержащая указания о цели исследовательских работ, с описанием произведенных работ, и сводные данные по каждому виду работ и их единичной и общей стоимости;

2) перенумерованные, сопровождаемые описью, подлинные журналы и дневник работ;

3) фотоснимки с кратким их описанием;

4) программа исследований, необходимых для составления (первоочередных) эскизных проектов использования исследуемой реки.

б) **Материалы исследований и изысканий** должны быть представлены в следующем виде:

1) записка, заключающая в себе краткое описание бассейна, речной системы и описание исследуемой реки с топографической, гидрологической, геологической, водохозяйственной и экономической характеристиками;

2) план долины реки с нанесением на нем основных данных съемки;

3) сборная карта планшетов реки;

4) карта бассейна реки с указанием на ней произведенных работ;

5) продольный и поперечный профили реки;

6) графики и ведомости гидрологической характеристики реки;

7) геологические разрезы и профили;

8) перечень и характеристика материалов, использованных изысканиями при составлении вышеперечисленных технических документов.

§ 14. Изыскания для составления проектного задания гидроустановки

Работы разделяются на подготовительные камеральные, полевые работы и составление отчетных технических документов.

а) **Подготовительные камеральные работы** заключаются: а) в изучении материалов произведенных ранее изысканий и исследований и ознакомлении с постановлениями органов, рассматривавших схему использования исследуемой реки, и с постановлениями плановых органов и б) в составлении программы и календарного плана намечаемых полевых работ.

б) **Полевые работы.**

1. Изучение участка реки в зоне влияния гидростанции

1) Топографические работы. Топографические работы заключаются в съемке плана реки и ее берегов в масштабе 1 : 10 000 с проведением горизонталей через 1,0—2,5 м в равнинных местностях и через 5,0 м — в горных. Пределы съемки определяются схемой подпоров с запасом по высоте, устанавливаемым в каждом отдельном случае в зависимости от местных условий намечаемых сооружений. Кроме плана составляется продольный профиль реки данного участка с нивелировкой горизонтов воды и приведением их к одному дню.

Если проектируется водохранилище, то чаша его в пределах подпора с запасом 3—5 м выше подп. гор., снимается в масштабе 1 : 10 000—1 : 25 000 с изображением рельефа горизонталями.

2) Гидрологические работы. Так как в основу всех водохозяйственных расчетов должны быть положены многолетние гидрологические наблюдения, а для значительного числа рек приходится ограничиваться малым периодом наблюдений, устанавливая гидрологические факторы путем аналогии и косвенных методов, то подготовка материалов к составлению гидрологических выводов сводится к собиранию и обработке материалов за прошлые годы со станций данного бассейна реки, хотя бы и за пределами влияния данной гидроустановки, и к непосредственному производству полевых исследований. В состав полевых исследований входит:

а) изучение режима уровней и расходов воды путем установки ряда водомерных постов, гидрометрических створов и станций и организации на них наблюдений в количестве, потребном для характеристики данного участка реки в соответствии с намечаемым схемой использованием реки;

б) изучение зимнего режима;

в) то же—твердого расхода (взвешенных и влекомых по дну наносов) и

г) климатических элементов, влияющих на условия стока.

3) Геологические работы. Если в проекте предполагается устройство водохранилища на реке, то необходимо произвести геологическую съемку ложа водохранилища в масштабе 1 : 25 000—1 : 10 000 с оценкой: а) тектоники ложа, б) характера строения слагающих водохранилище пород, в) фильтрационных свойств пород и последствий изменений естественного режима грунтовых вод.

4) Изучение водного хозяйства и водопользования. В основном водохозяйственные исследования должны пополнить данные, полученные при изысканиях, производившихся для составления схемы.

В районе же участков реки, в коих намечается изменение водного режима вследствие подпора от плотины, надлежит обследовать угодия и строения, подлежащие затоплению или подтоплению. Участки поймы реки, представляющие интерес в отношении их земельно-мелиоративного использования, необходимо осветить почвенным и геоботаническим изучением.

В районе производимых исследований подлежат выяснению действующие на местах правила водопользования и организационные формы управления водоиспользованием.

2. Исследование места плотины или гидростанции

1) Топографические работы. Место, намеченное под устройство плотины или гидростанции, заснимается в масштабе 1 : 1 000—1 : 2 000 с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м.

Кроме того снимается ряд продольных и поперечных профилей.

2) Гидрологические работы. В месте намечаемой плотины на реке или устройства гидростанции устанавливается гидрометрический пост или станция, включаемые в общую сеть постов и станций. Помимо наблюдений за режимом уровней и расходов воды (как летом, так и особенно зимой) ведутся наблюдения за твердым стоком, с выяснением: характера образования, количества, изменения по времени наносов, распределения их по сечению, механического состава и других характеристик твердых элементов потока как взвешенных, так и влекомых по дну.

3) Геологические работы. Геологические исследования, имея целью выяснение надежности геологических и гидрогеологических условий грунта как основания для устройства сооружений, заключают в себе следующие работы:

а) геологическая и гидрогеологическая съемка места, намеченного под устройство плотины или гидростанции в масштабе 1 : 500—1 : 2 000;

б) определение строения грунта (петрографический состав, порядок напластования мощности и пространственный — развития отдельных пород);

в) получение характеристики водоносных горизонтов в отношении их напора, мощности и направления грунтового потока по отношению к намечаемым сооружениям, химического состава воды и возможных выщелачивания и механического выноса водою частиц грунта в зоне основания и фундаментов;

г) при наличии фильтрующих пород в районе сооружений изучаются фильтрационные свойства пород на основе испытания их лабораторного и в отдельных случаях методом откачек или нагнетания;

д) изучение наиболее крупных имеющихся и возможных деформаций грунта (оползни, просадки, обвалы и т. п.);

е) изучение основных физико-технических (строительных) свойств пород.

4) Организационно-строительные исследования, заключаются в:

а) обследовании местных стройматериалов, условиях их добычи и стоимости на месте намечаемых работ;

б) обследовании рабсилы и ее стоимости, коммунальных и бытовых условий;

в) обследовании существующих путей сообщения в районе намечаемых сооружений и необходимом их развитии в связи с проектируемыми работами.

3. Изыскания трассы деривации

1) Топографические работы. На месте производится трассировка деривационного канала с двойным измерением лентой линии и двойной технической нивелировкой (по инструкции ГГУ—III класса), с учетом длины кривых, отбивкой тангенсов и биссектрис (последнее не является безусловно обязательным).

2) Гидрологические работы. В районе намеченного головного сооружения для деривационного канала устанавливается водомерный пост для изучения:

а) режима уровней воды,

б) зимнего режима,

в) твердого расхода взвешенных и влекомых по дну наносов.

3) Геологические исследования. Геологические исследования сводятся к производству маршрутной съемки вдоль трассы, изучению фильтрационных свойств пород, встречающихся по всей длине канала, изучению имеющихся и возможных оползней, просадок, обвалов и т. п. Кроме того специально изучается геологическое строение головного узла сооружений, аналогично п. 2 настоящего параграфа.

4) Организационно-строительные исследования. Организационно-строительные исследования заключаются в:

а) обследовании местных стройматериалов, условий их добычи и стоимости на месте работ;

б) изучении рабсилы и ее стоимости, коммунальных и бытовых условий;

в) обследовании существующих путей сообщения в районе деривации и необходимом их развитии.

4. Прочие исследования

1) Экономические исследования. Для района, непосредственно обслуживаемого проектируемой гидростанцией, в дополнение к материалам схемы должно быть произведено:

а) собирание данных, выясняющих характерные особенности района действия ГЭС в отношении основных отраслей народного хозяйства и производительных сил района;

б) изучение промышленности в современном ее состоянии и в перспективе развития каждого ее вида и требований, предъявляемых этим развитием к электрификации;

в) то же в отношении сельского хозяйства;

4) изучение потребностей населенных пунктов в электроэнергии в настоящее время и в будущем;

г) выяснение существующего силового хозяйства в отношении мощности двигателей, стоимости получаемой от них энергии и намечаемого его развития.

2) Фотоработы. Фотоработы должны дополнить полученный материал при изысканиях для схемы, иллюстрирующий характерные места реки, берегов, долины, существующих гидросооружений и пр.

5. Последовательность работ и их особенности

Во всех случаях геологические исследования производятся по окончании и во всяком случае на основе топографических работ. Гидрологические работы, как имеющие стационарный характер с периодом работ, измеряемым не менее одного года, производятся независимо от остальных видов изыскательско-исследовательских работ.

Изучение водного хозяйства обычно производится тоже независимо от прочих видов изыскательско-исследовательских работ, но большей частью совместно с экономическими. Часть вопросов, зависящая от топографических работ (определение затопляемой территории), подлежат изучению после производства последних.

Организационно-строительные обследования обычно производятся независимо от прочих видов работ.

6. Отчетные материалы

По окончании изысканий на основании произведенных работ составляются следующие документы:

а) отчетные сведения о произведенных работах и

б) материалы исследований.

а) **Отчетные сведения о произведенных работах** представляются в виде:

1) пояснительной записки, содержащей: указания о цели и назначении исполненных исследовательских работ, описание произведенных работ в отношении методологии, организации условий производства и финансирования работ, суммарные данные по каждому виду работ и по их единичной и общей стоимости и описи исследовательских материалов, полученных в результате произведенных работ;

2) пронумерованных, сопровождаемых описью, подлинных журналов, крок полевых работ и дневника работ;

3) фотографических снимков с кратким описанием их;

4) образцов грунта из буровых скважин, шурфов и пробных штолен;

5) перечня материалов, использованных при составлении вышеперечисленных технических документов;

6) программы дальнейших исследований с необходимыми пояснениями.

б) **Материалы исследований.** Материалы исследований содержат следующее:

1) Краткая записка с описанием бассейна исследуемой реки в отношении его площади, речной сети, рельефа, орографии, геологических особенностей, метеорологических условий и данных стока; с описанием исследуемой реки в отношении топографии, гидрогеологии, водохозяйственных данных; с характеристикой мест намечаемых сооружений в отношении топографии и гидрогеологии, содержащей описание геологического строения района основных сооружений, физических свойств пород (твердость, трещиноватость, влагоемкость, удельный вес, механический состав), устойчивости пород (явления оползней, просадок и пучин) и в соответствующих случаях— описание результатов исследования фильтрационных свойств пород, химического состава пород, грунтовых и речных вод; с соображениями о выборе месторасположения сооружений намечаемых гидросиловых установок и с приложением ведомости реперов и триангуляционных знаков.

2) Общая схематическая карта бассейна реки с указанием на ней исследуемой реки, общего и частных бассейнов, высотных отметок характерных пунктов долины реки, гидрометрических и метеорологических пунктов, существующих водохозяйственных предприятий и схемы использования энергии, заключающей в себе: места расположения намечаемых силовых установок с обозначением их мощности и напора, места расположения центров потребления энергии и трассы проектируемых линий передач.

3) План долины реки в масштабе съемки с нанесением на нем: реперов, триангуляционных пунктов, водомерных постов, гидрометрических створов и станций, земельных угодий, населенных пунктов, водохозяйственных предприятий, мостов, дорог и других сооружений.

При значительном объеме работ составляется сборная карта съемки в масштабе от 0,5 до 2,0 км в 0,01 м.

4) План долины с нанесением данных геологической и гидрогеологической съемки.

5) Продольный профиль исследуемого участка реки, составляемый в 2 масштабах: подробный 1 : 50 000 для горизонтальных расстояний и 1 : 100— для вертикальных и сокращенный в масштабах 1 : 200 000— горизонтальный и 1 : 500 — 1 : 1000 вертикальный, с нанесением на них: отметок

характерных точек, отметок высокого, низкого и наблюденного (приведенного) горизонтов воды, отметок реперов и нулей водомерных постов, отметок среднего дна в характерных точках профиля, длины участков с однообразным уклоном, существующих гидротехнических сооружений, населенных пунктов, мест, намеченных к возможному использованию водной энергии, с указанием мощности и напора проектируемых установок.

6) Графики и ведомости гидрологической характеристики реки, содержащие: графики колебания горизонта воды (с отметками появления сала, ледохода, ледостава и отметок нулей водомерных реек), продолжительности и повторяемости горизонтов воды; расходов воды, суммарного стока, продолжительности и повторяемости расходов воды, осадков, температур, испаряемости и прочих метеорологических элементов, кривые зависимости расходов от горизонтов воды.

7) Планы мест под сооружения в масштабах съемки.

8) Литологические и геологические карты этих мест в масштабе произведенной съемки района.

9) Геологические профили и разрезы с нанесением на них буровых скважин, шурфов и штолен.

§ 15. Изыскания для составления технического проекта гидроустановки

1. Изучение участка реки в зоне влияния гидростанции

1) Топографические работы. Лишь в отдельных случаях, в зависимости от значения вопроса о регулировании, установлении ценности подлежащих отчуждению земельных угодий в пределах подпора и точности ранее произведенной съемки, производятся дополнительные уточняющие и дополняющие съемочные работы на указанном участке долины реки.

2) Гидрологические работы. Гидрологические работы состоят в уточнении и пополнении данных, полученных в период предшествовавших исследований, о режиме горизонтов и расходов воды, характере наносов, химических свойствах воды и т. д. Но кроме того по специальным вопросам, связанным с изменением режима реки при постройке проектируемой гидростанции, необходимо дать дополнительные материалы, например уточнение наблюдений на дополнительной сети водомерных постов в связи с установлением кривой подпора, изменение режима грунтовых вод и связанное с ним изменение растительного покрова поймы и т. п.

2. Исследование места плотины или гидростанции

1) Топографические работы. Топографические работы имеют целью получение подробного плана в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 2 000 с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м территории площадок, на которых проектируется устройство гидроэлектрической силовой установки, плотины и пр., причем границы съемки устанавливаются с таким расчетом, чтобы охватить места сооружений гидроустановки, утвержденной в проектном задании, а также и всех сооружений, связанных с их осуществлением.

Подробная съемка должна опираться на сеть планово высотных опорных точек. Триангуляция в районе основных сооружений для разбивки их производится с повышенной точностью.

2) Инженерно-геологические исследования. Инженерно-геологические работы заключаются в дополнительном и детальном изучении геологических, литологических и гидрогеологических условий

в местах, конкретно выбранных для возведения сооружений (детальное изучение строения и свойства пород путем дополнительных скважин, шурфов, штолен и пр.).

3) Опытно-исследовательские работы. В целях получения данных, освещающих важнейшие технические свойства грунтов, стройматериалов и работу основных сооружений в сложных гидравлических условиях, проводятся опытно-исследовательские работы в полевой и лабораторной обстановке.

По изучению грунтов и стройматериалов основные работы заключаются в следующем:

а) определение физико-химических свойств грунтов и грунтовых вод в основании сооружений и в местах расположения тоннелей, каналов и других искусственных сооружений; изучение фильтрационных свойств грунтов;

б) изучение влияния на прочность кладки солей, встречающихся в грунтах и грунговых водах (сернокислых и прочих соединений);

в) определение сопротивляемости грунта вертикальному давлению и сдвигу по горизонтальной плоскости, в условиях естественной влажности и при предельной влажности (компрессионные свойства);

г) лабораторное определение технических свойств стройматериалов (объемный и удельный вес, пористость, водопроницаемость, пластичность, размокаемость, механическая прочность и морозостойкость для каменных пород);

д) лабораторное определение состава бетона из образцов местных материалов, взятых со всех намечаемых карьеров;

е) при значительном количестве грунтовых вод изучается вопрос водоотлива;

ж) для уточнения возможностей улучшения естественных оснований проводятся опытные работы: по забивке свай, цементации грунтов и пр.;

Кроме того для больших гидротехнических сооружений (плотины, отстойники, гасители энергии и пр.) на моделях в лабораторной обстановке устанавливаются: начертание сооружений в плане, формы и размеры его частей и разные гидравлические коэфициенты.

3. Изыскания трассы деривации

1) Топографические работы. По трассе деривационного канала производятся дополнительные нивелировки по намечаемым вариантам, имеющим целью уменьшение объема земляных работ или большую устойчивость канала. Объем этих работ обычно устанавливается на месте работ руководителем изысканий.

2) Инженерно-геологические работы. В случае принятия иного варианта, чем то было в проектном задании, необходимо дополнительное изучение геологии и гидрогеологии по новым вариантам трассы, с определением физико-химических свойств пород и грунтовых вод.

4. Прочие исследования

а) Организационно-строительные исследования. Организационно-строительные исследования имеют целью изучение обстановки и условий производства работ и должны дать сведения главным образом о стройматериалах, рабсиле и транспорте.

Правильное проектирование сооружений и организации работ должно максимально учесть исчерпывающие данные о местных стройматериалах, из коих основные — следующие:

1) естественные каменные материалы,
2) песок и гравий,
3) известьсодержащие породы,
4) глина,
5) другие ископаемые материалы,
6) местные материалы (лес, хворост).

Естественные каменные материалы (бутовый, облицовочный, годный для тески, булыжник, крупная галька и т. п.) исследуются всесторонне в лабораторной обстановке со стороны их физико-технических свойств и в поле обследуется вопрос о количестве данного материала, условиях доставки, толщине съема верхнего грунта и т. д.

Кроме перечисленных материалов подлежат изучению естественные гидравлические добавки (трассы, трепелы и пр.), битумные и другие материалы.

В отношении леса надо установить местонахождение, породы, качество, стоимость обработки и подвозки леса, расположение лесопильных заводов (их производительность), местных лесных складов, сорта и стоимость леса в продаже.

В случае отсутствия местного леса, изучается вопрос, откуда и как может быть доставлен привозной лес.

При подробных организационно-строительных изысканиях надлежит обратить особое внимание на изучение условий транспорта в районе намечаемого строительства. Изучаются местные пути сообщения и при недостатке их или плохом качестве проектируются новые (железнодорожные, водные, гужевые, шоссейные и грунтовые), для чего часто является необходимым проводить непосредственно на территории производства работ транспортные изыскания для получения данных, необходимых для проектирования путей сообщения.

5. Изыскания линий электропередач

При трассировке линий электропередач (прокладываемых обычно по кратчайшему расстоянию между пунктами выработки и потребления энергии) освещаются все имеющиеся естественные и искусственные препятствия (болота, реки, горные участки, населенные пункты и т. д.). Учитывается особо вопрос подвозки материалов к отдельным участкам линии. В случае совпадения направлений линии электропередачи и линии связи необходимо учесть влияние первой на вторую, а поэтому необходимо соблюдение существующих инструкций заинтересованных ведомств.

6. Отчетные материалы

В результате произведенных изысканий представляются следующие документы:

1) Пояснительная записка: с описанием произведенных работ (методология организации, условия производства и финансирования работ), с данными финансово-отчетного характера; описанием произведенных топографических, гидрологических, геологических и прочих видов работ и изложением выводов по этим работам, с приложением таблиц, ведомостей и графиков, характеризующих результаты работ; изложением методологии организации и результатов опытно-исследовательских работ; изложением условий производства строительных работ и результатов организационно-строительных обследований.

2) План в горизонталях всего района строительных работ с наложением на нем: данных съемки, буровых скважин, шурфов, штолен и пр., осей проектируемых основных сооружений, карьеров стройматериалов, подъездных путей, линий электропередач.

3) Продольные и поперечные профили по осям намечаемых сооружений.
4) Геологические разрезы по скважинам, шурфам и по осям основных сооружений.
5) Перенумерованные, сопровождаемые описью, полевые журналы, кроки и дневники полевых работ.
6) Образцы грунтов и буровых скважин, шурфов и штолен.
7) Перечень материалов, использованных при составлении вышеперечисленных технических документов.

ГЛАВА VI

ИССЛЕДОВАНИЯ И ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕК

Основные задачи и состав исследований

Исследования для составления проектов регулирования рек имеют целью получение данных, необходимых для обоснования потребности в регулировании реки для нужд энергетики, ирригации и иных водохозяйственных целей, для внесения в них надлежащей планомерности и получения уверенности, что осуществляемые мероприятия дадут намеченные положительные результаты и не повлекут за собой непредусмотренных отрицательных последствий.

Исследования эти могут подразделяться на следующие основные виды:
а) выбор места для водохранилища,
б) исследование чаши водохранилища,
в) исследование места постройки плотины,
г) исследование участка реки, на котором намечено регулирование русла,
д) исследование участка реки в целях его обвалования.

§ 16. Исследования для выбора места для водохранилища

1. Установление заданий

В камеральной обстановке, перед выездом на полевые работы иногда при самых грубых водохозяйственных расчетах становится уже ясным, что без регулирования стока реки не обойтись. Иногда же при рекогносцировочных исследованиях выявляется необходимость в регулировании, и тут же намечаются ориентировочно места, возможные для устройства соответствующих сооружений.

Выявив таким образом необходимость в регулировании реки, при составлении общей схемы производят грубые подсчеты размеров необходимых регулирующих гидротехнических сооружений, намечают места их расположения и определяют ту работу, которую должны выполнять проектируемые сооружения, чем и определяется задание по выбору места для водохранилища. После этого предварительно собираются материалы, характеризующие речную долину и позволяющие ориентировочно наметить возможные места для водохранилища. Если такие материалы отсутствуют, проводят специальную рекогносцировку.

2. Топографические работы

Топографические работы по выбору места для водохранилища заключаются в изучении рельефа местности как по самому руслу реки, так и по всем притокам ее, включая и близрасположенные к реке районы. Для окон-

чательного выбора места под водохранилище и сравнения различных вариантов необходимо произвести съемки мест, намеченных рекогносцировкой в масштабе 1 : 25 000 — 1 : 50 000 с сечением горизонталей через 2,0—5,0 м.

Съемка должна, как правило, опираться на триангуляцию и нивелировку.

3. Гидрологические исследования

При выборе места для водохранилища гидрологические работы сводятся к установлению подходящего места, где может быть получено потребное количество воды; поэтому в местах, где существенно меняется режим стока реки, устанавливаются временные гидрометрические посты и станции. Кроме того в местах реки, резко выделяющихся по рельефу и геологии, с точки зрения удобства постройки водохранилища, также устанавливаются гидрометрические посты.

4. Геологические и гидрогеологические работы

Аналогично топографическим работам весь район обследуется геологической рекогносцировкой, дополняемой в интересующих изыскателя местах геологической съемкой в масштабе топосъемки или более мелком, с изучением стратиграфии и тектоники, мест распространений оползней, просадок, обвалов и т. д.

В местах, намечаемых под водохранилища, более детально изучается порядок напластования, простирание пород и их качества в смысле водопроницаемости.

5. Изучение водного хозяйства

В отношении водохозяйственных обследований представляется необходимым иметь все данные по существующему и намечаемому водному хозяйству, необходимые для практического разрешения основных проблем различных отраслей водопользования и их согласования. Иными словами, собираются данные: о размерах судоходства, условиях сплава, ирригационного, санитарно-технического и земельно-мелиоративного использования реки и ее притоков.

Имеющиеся гидротехнические сооружения (в том числе плотины, мельницы, мосты и переправы и пр.) должны быть обследованы и описаны. Наконец, собираются в местных организациях все данные о характере и размерах рыбного хозяйства, если имеется потребительское или промысловое рыболовство, а также обследуются и отмечаются места рыбных промыслов.

6. Экономические исследования

В порядке исследований по выбору места водохранилища из общих обследований, имеющих целью получение данных, освещающих экономику — сырьевые и иные ресурсы района, надлежит особо изучить как современное хозяйство, так и перспективное, по всем местам, возможным к использованию под водохранилище, с целью получения возможности оценить проектируемое водохранилище по сравнению с уничтожаемым (затопляемым) хозяйством.

7. Фотографические работы

При производстве топографической съемки и при всех рекогносцировках и прочих обследованиях места возможные к использованию под водохранилища необходимо фотографировать. Желательно снимать места под плотины, выходы коренных пород на поверхность и прочее, что может повлиять на выбор места под водохранилище.

8. Последовательность работы

Прежде всего устанавливается задание, т. е. основные размеры и характер предстоящей работы проектируемого водохранилища. После этого параллельно ведутся работы: топографические, гидрологические, изучение водного хозяйства и экономические. По изготовлении топографической основы производятся геологические и гидрогеологические работы.

§ 17. Исследования чаши водохранилища

1. Топографические работы

Топографические работы по исследованию чаши водохранилища состоят в планово-высотной съемке всего пространства, в границах возможного затопления (с превышением на 2—5 м) в масштабе 1 : 5 000—1 : 10 000 — 1 : 25 000, в зависимости от размеров площади водохранилища и стадии проектирования.

Съемка эта должна быть увязана с общей съемкой долины реки более мелкого масштаба как в плановом, так и в высотном отношениях.

2. Гидрологические исследования

Гидрологические исследования заключаются в установлении величины жидкого и твердого стока реки в месте устройства водохранилища, путем организации соответствующей гидрометрической станции. Кроме того, обычно в том же пункте, если нет где-либо поблизости, организуется метеорологическая станция.

3. Геологические и гидрогеологические работы

Геологические работы по изучению ложа водохранилища заключаются в геологической съемке масштаба 1 : 25 000—1 : 10 000, на основе коей необходимо иметь оценку:

а) тектонических особенностей строения ложа водохранилища с указанием имеющихся наиболее крупных деформаций грунта;

б) характера строения слагающих водохранилище пород;

в) фильтрационных свойств пород и последствий изменения естественного режима грунтовых вод (повышения уровня грунтовых вод в окружающей местности, потери воды из водохранилищ).

4. Изучение водного хозяйства

Изучение водного хозяйства в порядке исследования чаши водохранилища сводится к уточнению данных, полученных при исследованиях по выбору места для водохранилища.

5. Почвенно-ботанические исследования

Исследования эти ведутся с целью установить, как повлияет повышение уровня грунтовых вод вследствие устройства водохранилища на изменение характера почв и условий произрастания растений в зоне влияния вод водохранилища (заболачивание и пр.).

6. Фотоработы

Фотографические работы должны дополнить полученный материал при исследованиях по выбору места для водохранилища, иллюстрирующий характерные места реки, берегов, долины, существующих гидросооружений и пр.

§ 18. Исследования места постройки плотины водохранилища

1. Топографические работы

Место постройки плотины для образования водохранилища снимается в масштабе 1 : 2 000—1 : 1 000 с проведением горизонталей через 0,5 м в равнинных и через 1,0—2,0 м в горных местах. Пределы съемки определяются высотой проектируемой плотины (на 3—5 м выше гребня плотины).

Съемка опирается на сеть опорных точек, связанных и в плане и по высоте как с ранее, так и вновь установленными знаками.

Кроме съемки по оси плотины разбивается поперечный профиль, который нивелируется, а в русле реки производятся промеры в 3—5 профилях, из которых один по оси плотины, а остальные выше и ниже оси. Ось плотины закрепляется на местности основательными знаками (бетонными, железными, каменными и тому подобными столбами).

2. Гидрологические исследования

В створе оси плотины устанавливается водомерный пост, где ведутся наблюдения за уровнями воды, зимним режимом реки (уровни воды, ледостав, ледоход, шуга и пр.).

3. Геологические и гидрогеологические работы

В месте, намеченном под сооружение плотины, производится геологическая съемка в масштабе топографической съемки и кроме того: а) определяется строение грунта, т. е. петрографический его состав, порядок напластования, мощности и пространственного развития отдельных пород (слоев), б) изучаются водоносные горизонты, напор, мощность и направление грунтового потока по отношению к намечаемым сооружениям, химический состав воды и возможность суффозии, т. е. выщелачивания и механического выноса водою частиц грунта, в зоне основания и фундамента намечаемой плотины, в) изучаются фильтрационные свойства пород в районе плотины и ее основания, г) изучаются строительные свойства пород и грунтов; д) изучаются имеющиеся и возможные наиболее крупные деформации грунта (оползни, просадки, обвалы и т. п.).

Все буровые скважины, шурфы, пробные штольни как в плане, так и по высоте должны быть привязаны к общей сети опорных точек съемки.

4. Организационно-строительные исследования

Организационно-строительные исследования, имеющие целью изучение условий производства строительных работ, заключаются в сборе сведений: а) о строительных материалах (камень, глина, песок, грунт и пр.), условиях их добычи и стоимости на месте работ; б) о рабсиле и ее стоимости,

коммунальных и бытовых условиях; в) существующих путях сообщения в районе проектируемой плотины и необходимом их развитии в связи с намеченными работами и пр.

5. Фотоработы

Фотографические работы должны дополнить материал, полученный по району предполагаемой плотины при исследованиях по выбору места для водохранилища и при обследовании чаши водохранилища, иллюстрирующий именно место, намеченное под плотину, места стройматериалов и т. д.

6. Отчетные материалы

Отчетные материалы по изысканиям, производившимся с целью устройства водохранилища, включая сюда и выбор места под водохранилище и исследование чаши водохранилища и места под сооружение плотины, должны быть представлены в виде:

а) отчетных сведений о произведенных работах и

б) материалов исследований.

а) **Отчетные сведения о произведенных** работах содержат: а) записку, содержащую указания о цели исследовательских работ, с описанием произведенных работ и сводные данные по каждому виду работ и их единичной и общей стоимости, б) перенумерованные (с описью) подлинные журналы и дневник работ; в) фотоснимки с кратким их описанием.

б) **Материалы исследований** представляются в виде:

1) записки, заключающей в себе краткое описание бассейна речной системы и описание исследуемой реки в отношении характеристики топографических, гидрологических, геологических, водохозяйственных и экономических данных;

2) графических материалов и ведомостей, заключающихся: в плане долины реки в заданном масштабе с указанием на нем всех намеченных вариантов водохранилищ и мест произведенных тех или иных исследований; в продольном и поперечных профилях реки в характерных местах; в геологических картах как всей долины, так и намеченного водохранилища с соответствующими описаниями механического и химического анализа грунтов и воды; в графиках и ведомостях гидрологической характеристики реки в исследованных местах; в съемках крупного масштаба, произведенных под чашу водохранилища (масштаб 1 : 10 000—1 : 5 000) и под плотину (масштаб 1 : 2 000—1 : 1 000); в ведомостях реперов и триангуляционных знаков, служивших опорою при производстве различных исследований.

§ 19. Исследование участка реки, намеченного к регулированию русла

1. Топографические исследования

Участок реки, намеченный к регулированию русла в целях улучшения условий стока (при осушении земель) или для регулирования эрозионной деятельности ее, для защиты берегов и пр., заснимается в масштабе не мельче чем 1 : 25 000, а лучше 1 : 10 000, или 1 : 5 000 (малые и горные реки в масштабе 1 : 2 000) с горизонталями через 0,5—1,0 м. Границами съемки назначается отметка на 4—5 м выше наивысшего паводочного горизонта воды.

По руслу реки ведутся промерные работы по створам или по косым галсам. Как створы, так и косые галсы наносятся на план участка и по полученным отметкам вычерчивается рельеф дна реки горизонталями.

Вдоль по реке ведется продольная нивелировка, причем горизонты воды берутся через 0,5 км, а в местах перекатов, порогов и т. п. и чаще. Берега должны быть засняты подробно, если намечается их укрепление.

Иногда по линиям намечаемых струенаправляющих, водоотбойных и иных дамб или полузапруд производятся особые промерные и нивелировочные работы.

2. Гидрологические работы

При исследовании участка реки, намеченного для работ по регулированию русла, гидрологические работы заключаются в изучении режима уровней и расходов воды, особенно паводочных, твердого расхода взвешенных и влекомых по дну наносов в начале и конце изучаемого участка реки, а при большой длине участка и еще посредине, и наблюдающихся на данном участке скоростей течения, направления струй потока при разных горизонтах воды и расходах, продольный профиль реки приводятся к одному горизонту, обычно низкому. Но весьма желательно иметь продольный профиль при среднем и паводочном горизонте.

Типичные деформации речного русла (перекаты, косы, вымоины) изучаются специальными периодическими съемками. Не менее важны явления зимнего режима.

3. Геологические исследования

На полученный план исследуемого участка реки наносятся данные геологической съемки, характеризующие слагающие берега и дно реки грунты со стороны их механического состава.

4. Изучение водного хозяйства

Путем водохозяйственных исследований должны быть получены сведения о характере и размерах судоходства, об условиях сплава, об ирригационном, энергетическом, санитарно-техническом и земельно-мелиоративном использовании реки и ее долины как на данном (изучаемом) участке реки, так и несколько выше и ниже его. Имеющиеся гидротехнические сооружения (а также мосты и перепады) должны быть обследованы и описаны. При наличии потребительского или промыслового рыболовства должны быть собраны сведения о характере и размерах рыбного хозяйства как в современном состоянии, так и намечаемого в перспективе.

Особо должны быть освещены разрушения и убытки, причиняемые неурегулированным потоком.

5. Экономические исследования

Экономические исследования заключаются в сборе сведений, касающихся народного хозяйства, базирующегося на данный участок реки, а также ущерба народного хозяйства, причиняемого неурегулированной рекой. В собранных материалах должна быть освещена экономика района, т. е. сырьевые ресурсы, являющиеся продуктами производства хозяйства на базе нерегулированной реки и предполагаемое развитие его при осуществлении намечаемых работ.

6. Организационно-строительные исследования

Организационно-строительные исследования заключаются в сборе сведений: 1) о строительных материалах (камень бутовый, валун, булыжник, галька, гравий, песок, глина, лес, хворост, камыш и пр.), условиях их добычи и стоимости на месте намечаемых работ; 2) о рабсиле и ее стоимости, коммунальных и бытовых условиях; 3) о существующих путях сообщения в районе намечаемых сооружений и необходимом их развитии в связи с намечаемыми работами.

7. Фоторабoты

Фотографические работы имеют целью дать материал, иллюстрирующий характерные места исследуемого участка реки, ее жизни и способов производства работ.

При съемке отмечается номер, время, место и направление, в котором сделан снимок.

8. Отчетные материалы

На основании произведенных исследований составляются отчетные технические документы, заключающиеся: а) в отчетных сведениях о произведенных работах и б) в материалах исследований.

а. **Отчетные сведения** о произведенных работах содержат: 1) записку, содержащую указания о цели исследований, с описанием произведенных работ, и сводные данные по каждому виду работ и их единичной и общей стоимости; 2) перенумерованные (с описью) подлинные журналы, а также дневник работ; 3) фотоснимки; 4) образцы грунтов дна и берегов.

б. **Материалы исследований** должны быть представлены в виде: а) записки, заключающей в себе краткое описание бассейна речной системы и реки и описание исследуемого участка реки в отношении топографических, гидрологических, геологических, водохозяйственных, экономических и организационно-строительных данных; б) графических материалов и ведомостей заключающих в себе:

а) планы долины реки с нанесением на них основных данных съемки; б) план участка реки в заснятом масштабе; в) продольный и поперечные (по линиям промеров) профили реки; г) графики и ведомости гидрологической характеристики данного участка реки; д) геологическое описание на основе произведенной топографической съемки и в нужных местах геологические разрезы.

§ 20. Исследование рек в целях обвалования их

1. Топографические работы

При исследованиях рек в целях обвалования (для защиты земель от затопления паводками) производится съемка берегов реки и поймы в пределах наивысших отметок паводочных горизонтов в масштабе 1 : 25 000—1: 10 000 с горизонталями через 1 м и трассировки линий намечаемых ограждений (дамб-валов). Съемочные работы аналогичны описанным в § 19.

2. Гидрологические исследования

Гидрологические исследования заключаются в фиксировании горизонтов воды по всей длине исследуемого участка реки (мгновенный продольный профиль водной поверхности), наблюдая изменение их по времени, для чего по всему участку реки ставится ряд водомерных постов, где и ведутся наблю-

дения за изменением уровня воды. В сеть водомерных постов включаются и существующие посты, ранее установленные.

Особенно важны наблюдения по паводочным горизонтам и расходам, на основе которых проектируется положение в плане и высота валов.

3. Геологические исследования

Геологические исследования заключаются в нанесении данных полевых наблюдений на топографическую основу в заснятом масштабе с характеристикой грунтов, слагающих берега реки и пойму, с точки зрения их механического состава и устойчивости при воздействии относительно быстрого течения воды. Кроме того проводится шурфование по трассе береговых валов и гидрогеологические наблюдения пойменных вод.

4. Почвенно-грунтовые и геоботанические исследования

На основе произведенной топографической съемки производится съемка почвенно-грунтовая и геоботаническая всей береговой и пойменной полосы, фиксирующая современную характеристику почв и позволяющая обосновать предположения о возможных изменениях почв при изоляции их от затоплений в будущем, после устройства обвалования.

5. Изучение водного хозяйства

Изучение водного хозяйства заключается в сборе сведений: о характере и размерах судоходства, об условиях сплава, об ирригационном, санитарно-техническом и земельно-мелиоративном использовании реки и ее поймы, а при наличии потребительского или промыслового рыболовства — о размерах рыбного хозяйства. Имеющиеся гидротехнические сооружения должны быть обследованы и описаны.

6. Экономические исследования

Экономические исследования заключаются в изучении экономики района, его сырьевых ресурсов, промышленности, сельского хозяйства, лесного хозяйства и тому подобных отраслей народного хозяйства, их современном состоянии и перспективах развития в связи с намечаемыми мероприятиями. Особо должна быть дана экономическая оценка современному хозяйству в пойме реки, подвергающейся ежегодным затоплениям.

7. Организационно-строительные исследования

Организационно-строительные исследования, как и в § 19-м, заключаются в изучении условий производства строительных работ, т. е. вопросы строительных материалов, условия их добычи и стоимости, рабсила, коммунальные и бытовые условия и существующие пути сообщения.

8. Фотоработы

Фотоработы должны дать материал, иллюстрирующий характерные места реки и поймы, ее жизни и способов производства работ.

9. Отчетные материалы

Как и в § 22-м, отчетные материалы представляются в виде: а) отчетных сведений о произведенных работах (во всем аналогично § 22) и б) исследовательских материалов.

Исследовательские материалы представляются в виде: 1) записки, заключающей в себе краткое описание реки и долины ее в отношении характеристики топографических, гидрологических, геологических, водохозяйственных, экономических и организационно-строительных данных; 2) графических материалов и ведомостей, заключающихся а) в общем плане долины реки с нанесением на нем основных данных произведенных съемок и трассировок, б) плане произведенной съемки участка реки, предназначенного под обвалование — в масштабе произведенной съемки, в) в продольных профилях по линиям произведенных трассировок в масштабе горизонтальном 1 : 10 000—1 : 20 000 и вертикальном 1 : 200; далее — графики и ведомости гидрологической характеристики реки, геологическая карта в масштабе произведенной топографической съемки, почвенно-грунтовая карта долины реки в том же масштабе, что и топографическая или несколько мельче, и пр.

Редактор *М. Таланцев*
Техредактор *Н. Фивейский*
Корректора *А. Герман, В. Спиридонов*

★

Тираж 7000 экз. Объем 45,5 п. л. (у. а. л. 70,4) — 2 вклейки $^1/_2$ п. л. Ф-т 82×110$^1/_{32}$. Сдано в производство 15/I 1936 г. Подписано к печати 8/II 1937 г. Уполномоченный Главлита № Б-11018. Инд. 17—Г СХГИЗ 4926. Зак. 267.
Цена 12 р. 70 к., переплет 1 р. 50 к.

★

Отпечатано в 1-й Образцовой типографии Огиза РСФСР треста «Полиграфкнига», Москва, Валовая, 28.