СПРАВОЧНИК

мелиорация
и водное
хозяйство

ОСУШЕНИЕ

СПРАВОЧНИК

мелиорация и водное хозяйство

3 ОСУШЕНИЕ

Под редакцией доктора технических наук
Б. С. Маслова

Москва·Агропромиздат·1985

ББК 40.63
М47
УДК 631.62(031)

Б. С. Маслов, Е. П. Панов, А. И. Мурашко, Е. И. Кормыш, Э. И. Михневич, А. М. Силкин, Ю. А. Юшкаускас, Б. М. Дегтярев, В. С. Мисенев, А. И. Голованов, И. В. Минаев, Г. А. Мацукевич, А. И. Ивицкий, И. С. Никитин, Б. И. Блажис, С. Г. Скоропанов, Л. Г. Попов, В. Я. Черненок, А. А. Богушевский, В. Ф. Шебеко, Х. Н. Стариков, Ц. Н. Шкинкис, В. И. Белковский, Е. С. Марков, В. С. Станкевич, В. М. Зубец, А. Н. Кабанов, А. Н. Степанов, М. Н. Багиров, И. М. Емельянова, Р. И. Волков, И. Д. Никитин, Э. А. Бишоф, Н. И. Ильиных, В. С. Брезгунов, Х. А. Смилга

Главная редакционная коллегия: *Н. Ф. Васильев* (главный редактор), *П. А. Полад-заде* (заместитель главного редактора), *И. И. Бородавченко* (заместитель главного редактора), *В. Ф. Моховиков, Л. С. Литвак, Б. С. Маслов, Л. Г. Балаев, Б. Б. Шумаков.*

Ответственные секретари: *В. П. Орлова, К. И. Роговая.*

Редакционная коллегия справочника «Мелиорация и водное хозяйство. 3. Осушение»: *Б. С. Маслов* (главный редактор), *А. А. Богушевский, А. А. Виксне, А. И. Голованов, В. Ф. Карловский, Е. С. Марков, А. И. Мурашко, Н. И. Дружинин, Ц. Н. Шкинкис.*

Составители: *Е. И. Кормыш, И. С. Никитин, Е. П. Панов.*

Мелиорация и водное хозяйство. 3. Осушение: Спра-
М 47 вочник/Под ред. Б. С. Маслова. — М.: Агропромиздат, 1985. — 447 с., ил.

Систематизирован справочный материал по осушению земель. Изложены методы, способы и режимы осушения. Описаны конструкции и способы расчета открытой и закрытой регулирующей, оградительной и проводящей сети, а также водоприемников осушительных систем. Рассмотрены гидросооружения и дорожная сеть на осушительных и осушительно-увлажнительных системах, системы с машинным водоподъемом и специальные виды осушения. Освещены вопросы реконструкции и эксплуатации указанных систем, а также окультуривания и сельскохозяйственного использования осушаемых земель.

$\text{М}\frac{3802030000-461}{035(01)-85}38-85$ ТП изд-ва «Колос»

ББК 40.63
631.6

© ВО «Агропромиздат», 1985

Глава 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

1.1. ТИПЫ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Переувлажненные земли, являющиеся объектом осушительной мелиорации, подразделяются (по А. Д. Брудастову) на три типа: болота, заболоченные земли и минеральные избыточно увлажненные земли.

Болото — природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее отложения торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью (ГОСТ 19179—73). Заболоченные земли — увлажненные участки со слоем торфа менее 30 см до осушения. Минеральные избыточно увлажненные земли — это территории с отсутствием торфа.

Различие между тремя типами переувлажненных земель определяется наличием и мощностью торфа. Под торфом понимается органогенная порода, содержащая не более 50% минеральных веществ (в абсолютно сухом состоянии) и образовавшаяся в результате ежегодного отмирания болотных растений и неполного их распада в условиях повышенной влажности и недостатка кислорода.

Минеральные избыточно увлажненные земли в зависимости от продолжительности переувлажнения подразделяются на постоянно и временно переувлажненные.

Переувлажненные (гидроморфные) минеральные почвы в отличие от минеральных почв нормального увлажнения того же механического состава характеризуются пестрым разрезом, пятнами оглеения по почвенному профилю на глубине 30...50 см и более, накоплением торфа в верхнем слое, наличием ортштейновых включений.

Особую категорию составляют затопленные на глубину 1...2 м (морем, водохранилищем и т. п.) земли, с помощью осушения вовлекаемые в сельскохозяйственный оборот. Большие площади таких мелководий составляют потенциальный фонд для развития мелиорации.

1.2. ПРИЧИНЫ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ (ЗАБОЛАЧИВАНИЯ) ЗЕМЕЛЬ

Переувлажнение земель и образование болот определяется суммарным воздействием комплекса физико-географических факторов. Основные факторы, обусловливающие образование и территориальное размещение болот: по Г. И. Танфильеву — температура воздуха и количество атмосферных осадков; по Г. Ф. Мирчинку — климат и геолого-геоморфологические условия местности; по В. Н. Сукачеву — климат, рельеф и гидрологический режим местности; по Ю. Д. Цинзерлингу — климат и геоморфологические условия; К. Е. Иванову — климат, геоморфологические и гидрогеологические условия; по Н. И. Рубцову — климат, рельеф, литологическое и геологическое строение, поверхностные и грунтовые воды, растительность и др.

Причины переувлажнения земель подразделяются на зональные и местные. Зональные причины обусловлены климатическими условиями — атмо-

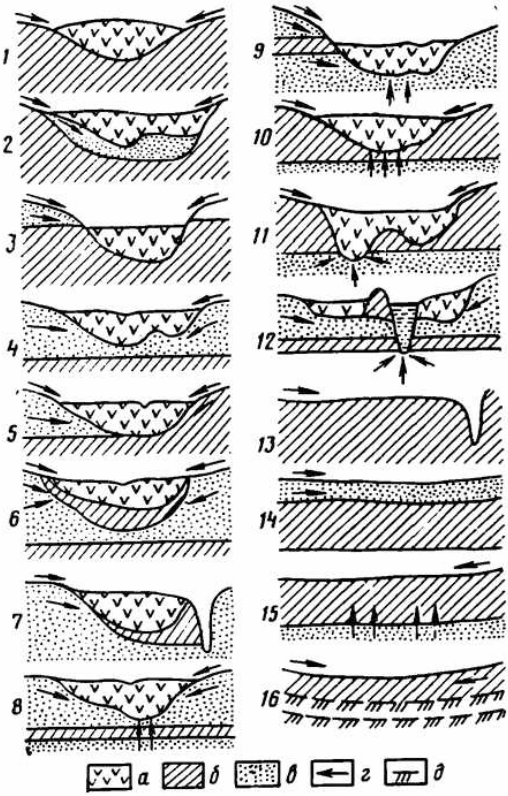


Рис. 1.1. Типы гидрогеологических условий переувлажненных земель (*1...16*):

а — торф; *б* — суглинок (глина); *в* — песок (супесь); *г* — направление движения грунтовых и поверхностных вод; *д* — мерзлотные грунты.

сферные осадки, их распределение во времени, испарение и др. Преобладание атмосферных осадков над испарением ведет к переувлажнению земель.

За пределами гумидной зоны (зоны избыточного увлажнения) наличие переувлажненных земель (около 30% всех земель) обусловлено местными причинами: геолого-структурные особенности, геоморфологические, гидрологические, гидрогеологические и литолого-почвенные условия, растительность, мерзлотные процессы.

Геолого-структурные особенности территории определяют рельеф местности, степень его расчлененности, условия питания и разгрузки подземных вод. Все крупные болотные системы (Полесье, Мещерская низменность, Барабинская низменность и др.) расположены в глубоких геологических депрессиях, в которые поступают с приподнятых периферийных участков поверхностные и подземные воды. Тектонические движения, вызывающие опускание поверхности земли, способствуют заболачиванию. На развитие процессов заболачивания оказывает влияние ложе болот, его строение и состав пород.

Геоморфологические условия — рельеф поверхности, степень естественной дренированности (густота речной сети, глубина вреза русл рек и пр.), уклоны поверхности земли — определяют степень ее переувлажненности. Наиболее заболочены безуклонные равнины, поймы рек.

Гидрологические условия — режим уровней, стока, русловых процессов рек, озер, болот — определяют условия водного питания переувлажненных земель, их затопление и подтопление.

Гидрогеологические условия переувлажненных земель определяют степень участия подземных вод в водном питании земель. Известно 16 основных типов гидрогеологических условий переувлажненных земель, которые охарактеризованы в таблице 1.1 и на рисунке 1.1 (без описания граничных условий в плане). Роль подземных вод в водном питании нарастает от 1-го к 12-му типу, при 1...3-м, 13-м, 14-м и 16-м типах в переувлажнении участвует в основном верховодка, при 8—12-м и 15-м типах — напорные воды. При 8-м и 10-м типах водообмен между грунтовыми водами и нижележащими водоносными горизонтами происходит через относительные водоупоры или гидрогеологические «окна» в них. Тип 16-й характерен для районов с многолетнемерзлыми породами.

По степени участия подземных вод в водном питании переувлажненных земель выделяются четыре схемы гидрогеологических условий: подземные воды не участвуют в водном питании; принимают участие только грунтовые воды, формирующиеся в пределах переувлажненных массивов и на их бли-

жайшей периферии; переувлажнение происходит за счет межпластовых вод, формирующихся за пределами этих массивов; принимают участие глубокие водоносные горизонты, области питания которых значительно удалены от мест разгрузки.

Эти схемы определяют взаимосвязь грунтовых (болотных) вод с глубокими горизонтами, их режим и баланс, тип торфяной залежи.

Литолого-почвенные условия влияют на формирование избыточной влаги на поверхности и в почвенном слое, а также грунтовых вод. Почвы и подстилающие их грунты могут быть охарактеризованы следующими количественными показателями: водопроницаемостью и водовместимостью почвогрунтов, степенью однородности по глубине, слоистостью и наличием слабоводопроницаемых слоев.

По генезису покровные отложения подразделяются на торфяники (органогенная порода) и минеральные гидроморфные почвогрунты.

По глубине свойства почв и грунтов, как правило, неоднородные, что обусловлено изменениями в процессе их формирования. По характеру строения покровных и подстилающих отложений в слое до 2...3 м переувлажненные земли подразделяют на следующие пять основных групп: однородные грунты в слое до 2...3 м и более; двухслойные грунты с более водопроницаемым нижним слоем (на глубине 1...2 м — пределы глубины заложения дрен и каналов регулирующей сети); двухслойные с менее водопроницаемым нижним слоем; маломощные (менее 1...1,5 м) мелкоземы или торфяники, подстилаемые каменистыми породами; слоистые многослойные мелкоземы.

Среди переувлажненных земель наиболее распространены глины, тяжелые и средние суглинки, торфяники, реже встречаются легкие суглинки, супеси и пески, когда они подстилаются слабоводопроницаемыми грунтами.

Растительность оказывает влияние на приходные (снегозадержание, уменьшение поверхностного стока и др.) и расходные (испарение) элементы водного питания земель. С изменением растительности связано, например, заболачивание вырубок и лесных гарей. На этом основан биологический дренаж — использование деревьев, обладающих высокой транспирационной способностью, для осушения.

1.3. БОЛОТА И ИХ СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Болота образуются в результате естественного процесса заболачивания суши под влиянием избытка влаги и недостатка зольного питания для растений и заболачивания (заторфовывания) водоемов (озер, прудов, стариц и др.). По В. Р. Вильямсу, подзолистый и дерновый процессы ведут к образованию болот. Водоемы заболачиваются путем зарастания с берегов и образования на поверхности воды растительного ковра-сплавины из плавающих растений.

Болота подразделяются в зависимости от стадии развития процесса заболачивания и условий питания болотных растений на три типа: низинные, переходные и верховые, а по характеру растительности — на евтрофные, мезотрофные и олиготрофные.

Низинные болота расположены в понижениях на поймах и нижних частях склонов, они получают водное и зольное питание со стекающими со склонов поверхностными, грунтовыми и грунтово-напорными водами.

Переходные болота образуются в понижениях на средних и верхних частях склонов, зольное питание их более ограниченное, осуществляется за счет ключей и поверхностного стока.

Верховые болота образуются на водоразделах, зольное питание их ограничено в основном атмосферными осадками.

Для каждого типа болот характерны определенные зольность торфа и минерализация воды.

В зависимости от вида болотной растительности выделяются подтипы болот: лесной, лесотопяной и топяной. Каждый из них характеризуется степенью увлажнения и средней влажностью торфа, определяющими вместе с

1.1. Характеристика основных типов гидрогеологических условий переувлажненных земель

Тип гидрогеологических условий	Основная геоморфологическая приуроченность	Геологическое строение покровных отложений	Характеристика подземных вод	Воды, принимающие участие в переувлажнении земель	Основные способы осушения	Оценка сложности гидрогеологических условий
1	Болота в котловинах на моренных, озерно-ледниковых, озерных равнинах	Однослойная толща	Болотные воды	Атмосферные осадки, верховодка	Горизонтальный дренаж, нагорные каналы	Простые
2	Болота в понижениях донно-моренного ландшафта, на озерно-аллювиальных равнинах	Двухслойная толща с более водопроницаемым основанием залежи	Болотные и грунтовые воды	Атмосферные осадки, верховодка и грунтовые воды	То же, и редкая сеть глубоких каналов	
3	Болота в котловинах среди камов, озов, дюн, на древних речных равнинах	Однослойные грунты	Болотные воды и выклинивание грунтовых вод у бортов	То же	Горизонтальный дренаж, ловчие каналы	Средней сложности
4	Болота в понижениях зандровых, морских равнин, аллювиальных террас	Однослойная и двухслойная толща	Единые комплексы болотных и грунтовых вод	Грунтовые воды и атмосферные осадки	Горизонтальный дренаж, ловчие каналы	То же
5	Болота в понижениях конечных морен	Однослойная и двухслойная толща	Болотные и грунтовые воды взаимосвязаны	Грунтовые воды, атмосферные осадки и склоновый сток	Горизонтальный дренаж и нагорно-ловчие каналы	
6	Болота в понижениях флювиогляциальных озерных и аллювиальных равнин, в лощинах, ложбинах	Многослойная двухпластовая система. Торф, глины, пески	Грунтовые воды имеют локальную связь с болотными водами	Атмосферные осадки и грунтовые воды	Горизонтальный дренаж и ловчие каналы	

7	Болота на низких террасах рек, на склонах возвышенностей коренных пород, на конусах выноса	Двухслойная толща. Торф подстилается песками и частично глинами	Болотные и грунтовые воды взаимосвязаны, наиболее переувлажнены прибортовые части	Грунтовые воды и атмосферные осадки	Горизонтальный дренаж, учащенный со стороны склона	То же
8	Болота на древних речных долинах и озерно-ледниковых равнинах	Многослойная толща. Торф на чередующихся прослоях песков и глин	Болотные и грунтовые воды (безнапорные и напорные) образуют единые комплексы, области питания их незначительно удалены	Грунтовые и напорные воды, а также атмосферные осадки	Горизонтальный дренаж, редкая сеть глубоких каналов, разгрузочные скважины	Сложные
9	Болота в притеррасьях речных долин, в ложбинах	Двухслойная толща. Торф и песок (гравий)	Болотные и напорные грунтовые воды, залегающие в песках, выходы верховодки	Напорные воды и атмосферные осадки	Вертикальный дренаж, глубокий горизонтальный дренаж, разгрузочные скважины	Сложные
9а	Болота на предглинтовых низменностях, в поймах рек	Двухслойная толща. Торф залегает на обводненных коренных породах (известняках, гранитах и пр.)	Болотные и напорные воды трещинного типа взаимосвязаны, области питания значительно удалены	Напорные и грунтовые воды, а также атмосферные осадки	Систематический сгущенный горизонтальный или вертикальный дренаж, ловчие дрены	
10	Болота в понижениях моренных равнин, болота стариц, приморские низменности	Многослойная толща. Торф на слабоводопроницаемом основании (суглинки и др.), ниже пески, галечники	Напорные воды имеют площадную связь с болотными водами	Напорные воды, поверхностный сток и атмосферные осадки	Вертикальный дренаж, горизонтальный дренаж с разгрузочными скважинами, нагорные каналы	

Продолжение

Тип гидрогеологических условий	Основная геоморфологическая приуроченность	Геологическое строение покровных отложений	Характеристика подземных вод	Воды, принимающие участие в переувлажнении земель	Основные способы осушения	Оценка сложности гидрогеологических условий
10,а	Болота в котловинах среди сельг, в глубоких депрессиях плато	Многослойная толща. Торф и переслаивающиеся четвертичные отложения на обводненных коренных породах	Напорные воды отличаются высокой водообильностью, постоянством режима	То же	Учащенный глубокий горизонтальный дренаж	Сложные
11	Болота в глубоких понижениях на современных поймах, в дельтах рек	Многослойная толща: торф, суглинки, пески с локально размытым относительным водоупором	Единые водоносные комплексы с основной взаимосвязью через гидрогеологические «окна»	Напорные воды и склоновый сток	Глубокий горизонтальный дренаж, разгрузочные скважины, вертикальный дренаж	
11,а	Болота на предглинтовых низменностях, в глубоких лощинах	То же, на коренных породах	То же	То же	Горизонтальный дренаж, разгрузочные скважины, нагорные каналы	
12	Болота в понижениях современных озерных и озерно-аллювиальных равнин	Многослойная толща: торф на прослоях песков и суглинков	Болотные воды взаимосвязаны с грунтовыми, напорными и озерными водами	Грунтовые и напорные воды, а также атмосферные осадки	Горизонтальный дренаж, ловчие каналы	

13	Плоские плато моренных и озерно-ледниковых равнин, центральные части современных пойм	Однородный грунт. Суглинки или глины разного возраста и генезиса мощностью более 1,5...3 м	Верховодка, формирующаяся на подошве пахотного слоя и в отдельных более водопроницаемых прослоях	Атмосферные осадки и поверхностный сток	Закрытые собиратели, открытые каналы с комплексом агромелиоративных мероприятий	
14	Озерно-ледниковые, морские, флювиогляциальные равнины	Двухслойные грунты. Пески (супеси) мощностью менее 0,3...0,5 м, подстилаемые глинами (суглинками)	Сезонная верховодка, изолированная от безнапорных грунтовых вод	Атмосферные осадки, верховодка и поверхностный сток	Закрытые собиратели	
14,а	То же	Однородные грунты. Пески (супеси) мощностью более 0,5 м, залегающие на глинах	Грунтовые воды в песках, поступление воды из нижних водоносных горизонтов отсутствует	Грунтовые воды и атмосферные осадки	Горизонтальный дренаж	
15	Моренные, морские равнины, озерно-ледниковые равнины, особенно в зоне влияния водохранилищ	Двухслойная толща. Суглинки подстилаются песками (галечниками)	Грунтовые воды напорные, почвы переувлажнены капиллярными водами	Напорные воды, атмосферные осадки и поверхностный сток	Горизонтальный дренаж с агромелиоративными мероприятиями	Средней сложности
16	Аллювиальные, зандровые, болотные равнины	Однородные грунты. Суглинки, глины, супеси, пески в зоне вечной мерзлоты	Сезонная верховодка на изменчивой во времени кровле мерзлоты	Атмосферные осадки, поверхностный сток и верховодка	Горизонтальный дренаж, тепловые мелиорации	Простые

1.2. **Классификация болотной растительности** (по С. Н. Тюремнову,

Средняя зольность торфа, %	pH водной вытяжки	Средняя минерализация воды, мг/л	Подтип		
			лесной	лесотопяной	
			Средняя влажность торфа		
			87...89, слабое увлажнение	89...91, среднее увлажнение	
			Группа рас		
			древесная	древесно-травяная	древесно-моховая
			Низинный (евтрофный)		
Более 6	5,5...7,5	Более 200	Ольшаники, березняки, ельники, сосняки и ивняки низинные	Древесно-осоковые, древесно-тростниковые	Древесно-осоково-гипновые, древесно-осоково-сфагновые
			Переходный (мезотрофный)		
4...6	4,5...5,5	70...180	Древесные переходные	Древесно-осоковые переходные	Древесно-сфагновые
			Верховой (олиготрофный)		
2..4	3,0...4,5	40...70	Сосново-кустарничковые	Сосново-пушицевые	Сосново-сфагновые

зольностью торфа характер растительности. Классификация болотной растительности приведена в таблице 1.2.

Существует несколько классификаций торфов. По классификации Московского торфяного института в зависимости от растений-торфообразователей для низинного типа болот выделено 18 видов торфов, для переходного — 8 и для верхового — 11 (рис. 1.2).

Торфяные залежи в соответствии с классификацией Московского торфяного института подразделяют на четыре типа: низинные, переходные, смешанные и верховые, а каждый из них — на три подтипа (лесной, лесотопяной и топяной) и на виды залежей.

К низинному типу относятся торфяные залежи, сложенные: полностью низинными торфами; низинными торфами, перекрытыми переходными торфами, мощность которых не превышает половины всей толщи торфа; низинными торфами, перекрытыми верховыми не более чем на 0,5 м; низинными торфами, под которыми залегают переходные и верховые торфа, общая мощность которых не превышает половины глубины залежи, а слой верховых составляет не более 0,5 м.

К переходному типу относят залежь, сложенную полностью или более чем наполовину переходными торфами, слой верховых торфов составляет не более 0,5 м.

К смешанному типу относят залежи, нижняя часть которых сложена низинными и переходными торфами, а верхняя — верховыми торфами слоем более 0,5 м (но не более половины всей толщи залежи).

К. Е. Иванову)

болот			
топяной			
(%) и степень увлажнения			
91...94. сильное увлажнение			
тительности			
травяная	травяно-моховая	моховая	комплексно-моховая
тип болот			
Хвощевые, тростниковые, тростниково-осоковые, осоковые	Осоково-гипновые низинные, осоково-сфагновые низинные	Гипновые низинные, сфагновые низинные	Низинные грядово-мочажинные
тип болот			
Осоковые переходные, шейхцериевые переходные	Осоково-сфагновые переходные	Гипновые переходные, сфагновые переходные	**Аапа — болото**
тип болот			
Пушицевые	Пушицево-сфагновые	Фускум, сфагново-кустарничковые с угнетенной сосной	Грядово-мочажинные, грядово-озерково-мочажинные, грядово-озерковые, озерково-мочажинные, островково-мочажинные

К верховому типу относят залежи, состоящие более чем наполовину из верховых торфов.

Ботанический состав торфа определяется по сохранившимся в торфяной залежи растительным остаткам.

Степень разложения торфа оценивается процентным содержанием гумифицированного органического вещества во всей массе торфа. По степени разложения (в процентах) торф может быть

неразложившийся (очес)	<5
почти неразложившийся	5...10
слаборазложившийся	10...30
среднеразложившийся	30...50
сильноразложившийся	50...70
очень сильно разложившийся	⩾70

В полевых условиях степень разложения торфа определяют визуально по признакам при сжатии образца:

Признак при сжатии образца	Степень разложения торфа, %
Торфяная масса, сжатая в кулак, между пальцами не продавливается, вода не окрашена	10...20
Между пальцами проходит небольшая часть торфа, оставшаяся в руке имеет шероховатую поверхность, вода светло-коричневая	30...40

Значительная часть торфа продавливается между пальцами, вода коричневая или темно-коричневая . .	50...60
Почти весь образец торфа продавливается между пальцами, свободная вода отсутствует	70...80
Весь образец продавливается между пальцами, свободная вода совершенно отсутствует	80...95

Зольность торфа — отношение (%) минеральной части (зола) к абсолютно сухой или воздушно-сухой навеске. Она зависит от содержания золы в растениях-торфообразователях (хвощ 12,7...15,9%; осоки 5,3...7,9; тростник

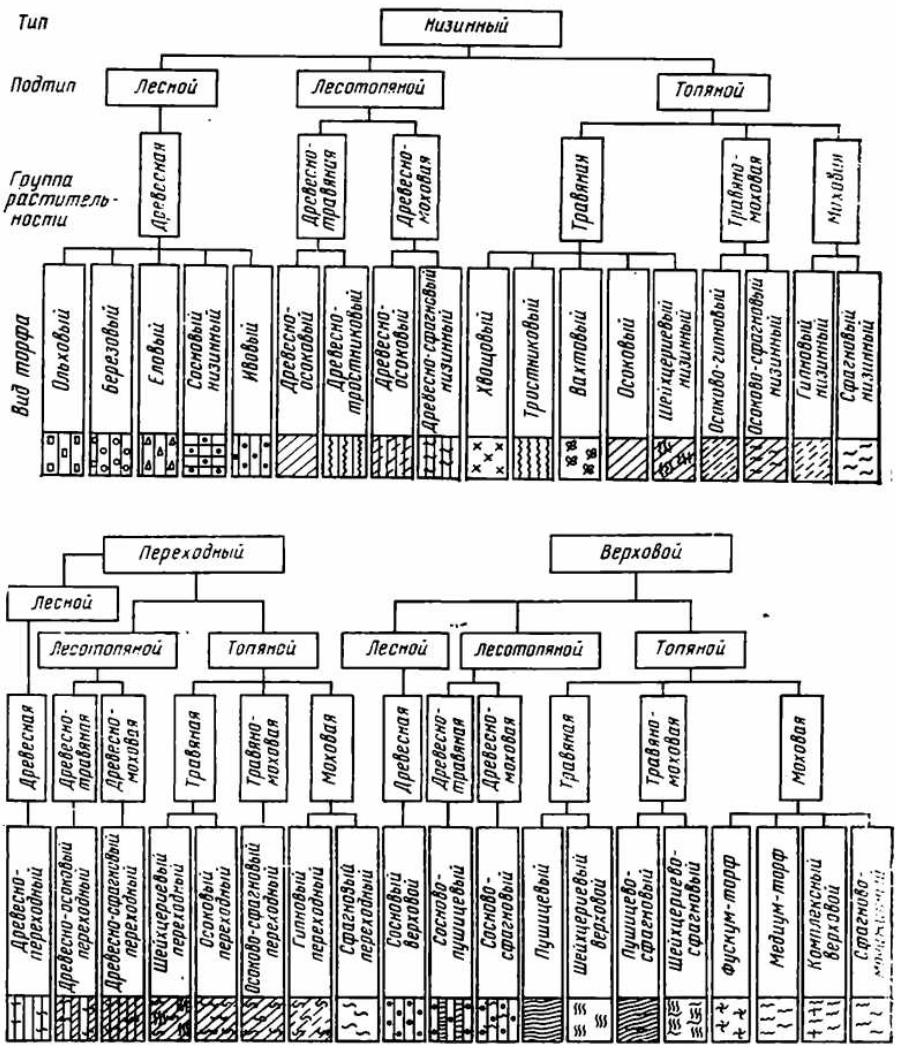


Рис. 1.2. Классификация торфов с их условными обозначениями.

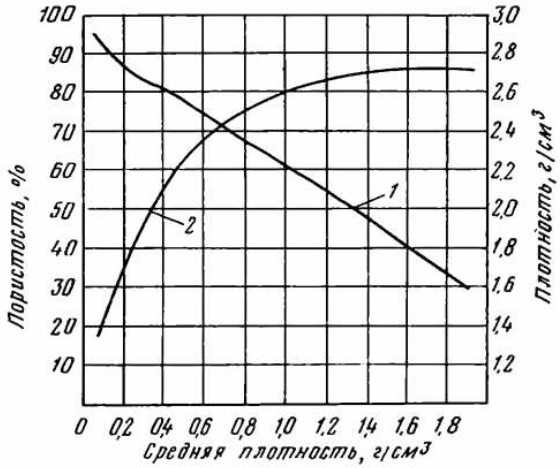


Рис. 1.3. Зависимость пористости и плотности переувлажненных земель от средней плотности:
1 — пористость; *2* — плотность.

4...5: гипнум 3...6; сфагнум 2,4...2,9; древесные породы 1,6...1,9%) и поступлений с поверхностными и грунтовыми водами и пылью. По М. Н. Никонову, различают: нормально зольные (зольность менее 12%) и высокозольные (более 12%).

Влагоемкость торфа зависит от его вида, степени разложения (табл. 1.3) и зольности.

Пористость и плотность переувлажненных почв зависят от средней плотности (рис. 1.3).

Водопроницаемость торфа зависит от содержания влаги, изменяется по глубине и характеризуется коэффициентом фильтрации (табл. 1.4). Коэффициент фильтрации очеса может достигать 50...100 м/сут. По глубине низинной залежи коэффициент фильтрации торфа можно определить по уравнению Б. С. Маслова:

$$k = k_{0,5}\, e^{-1,3\,(h-0,5)},$$

где k — коэффициент фильтрации на глубине h; $k_{0,5}$ — коэффициент фильтрации на глубине 0,5 м.

Фильтрационная анизатропия торфа характеризуется коэффициентом

$$\sigma = k_x/k_y,$$

где k_x, k_y — коэффициенты фильтрации соответственно по горизонтали и вертикали, для низинных торфов σ=0,2...1, верховых — 1...30 и более.

1.3. Влагоемкость торфа (по И. И. Плюснину)

Вид торфа, степень разложения	Максимальная гигроскопическая вода, %	Полная влагоемкость, % массы
Тростниковый:		
слаборазложившийся	12,0...21,5	900...970
сильноразложившийся	14,5...20,5	650...870
Осоковый:		
слаборазложившийся	13,0...25,0	800...1 250
сильноразложившийся	14,0...23,0	500...1 000
Гипновый:		
слаборазложившийся	17,5...30,0	1 000...1 350
сильноразложившийся	15,5...20,5	550...850
Сфагновый:		
слаборазложившийся	16,5...32,5	1 200...1 500
сильноразложившийся	13,0...28,0	350...660

1.4. Коэффициент фильтрации торфов (по А. Д. Брудастову)

Вид торфа	Степень разложения, %	Коэффициент фильтрации по вертикальному направлению, м/сут
Сфагновый переходный	30...50	0,9...5,2
» »	10...30	0,6...1,7
Древесно-сфагновый переходный	25...30	*n*
Осоково-сфагновый переходный	—	0,2
Тростниково-сфагновый переходный	30...55	*n*
Древесно-пушицевый переходный	30...55	*n*
Древесно-осоковый низинный	50	*n*
Древесно-осоковый с тростником низинный	75	0,3
Осоковый низинный	80	1,2
Осоково-гипновый низинный	—	1,2
Древесно-осоковый низинный	30...50	5,6
Тростниковый низинный	—	2,2
Тростниково-осоковый низинный	—	2,2

Примечание. Обозначение *n* — любая цифра, кроме нуля.

Коэффициент фильтрации с учетом анизотропии

$$k = \sqrt{k_x k_y}.$$

Мелиоративная группировка торфяных почв по мощности слоя и степени разложения приведена ниже:

Почва	Мощность торфа, см
Торфянисто-глеевая	Менее 30
Торфяно-глеевая	30...50
Торфяная:	
маломощная	50...100
среднемощная	100...200
мощная	Более 200

	Степень разложения торфа, %
Торфяная	Менее 25
Перегнойно-торфяная	25...50
Торфяно-перегнойная	50...70
Перегнойная	Более 75

Основные свойства торфов приведены в таблицах 1.5 и 1.6.

1.5. Основные водно-физические свойства торфов Нечерноземной зоны РСФСР

Торф	Средняя плотность, г/см³	Пористость, %	НВ, % объема	Высота капиллярного поднятия, см	Коэффициент фильтрации, м/сут	Водоотдача метрового слоя, %
Верховой	0,08...0,13	90...95	65...70	60...70	0,0*n*...0,*n*	2...10
Низинный	0,20...0,30	80...90	55...60	60...90	0,0*n*...*n*	8...14

Примечание. Обозначение *n* — любая цифра, кроме нуля.

1.6. Агрохимические свойства торфяных почв Белоруссии
(средние значения по С. Г. Скоропанову)

Степень разложения, %	pH солевой вытяжки	Средняя плотность, г/см³	Влагоемкость	Зольность	N	P_2O_5	K_2O	CaO
			% на абсолютно сухое вещество					
Верховой тип болот								
5...30	2,6...4,2	0,04...0,08	600...1 200	1,3...5,8	0,58...2	0,03...0,25	0,01...0,2	0,01...0,48
Переходный тип болот								
10...45	2,8...5,3	0,11...0,16	350...950	5,0...10	1,4...2,5	0,002...0,35	0,05...0,2	0,15...2,5
Низинный тип болот								
15...60	4,8...7,0	0,11...0,23	460...870	7,5...17	2,6...4,0	0,1...0,4	0,02...0,3	1,2...6,8
Низинный тип болот — старопахотные почвы								
30...75	6,1...7,0	0,20...0,31	260...450	11,6...22,7	3,2...4,4	0,2...0,3	0,02...0,3	3,2...7,9

В сельском хозяйстве под посевами используют в основном низинные и реже переходные болота, торф на которых наиболее богат элементами питания растений, особенно азотом (табл. 1.7).

Водоотдача:
торфяных почв по А. И. Ивицкому

$$\mu = 0{,}115k^{3/8}H^{3/4},$$

минеральных почв по Г. Д. Эркину

$$\mu = 0{,}056k^{1/2}H^{1/3},$$

всех почв по К. П. Лундину

$$\mu = 0{,}13 + 0{,}074 \lg k,$$

и по С. Ф. Аверьянову

$$\mu = W_{\text{п}}\left\{1 - \frac{2}{3}\left[\frac{1}{\beta}\left(1 - \sqrt{1-\beta}\right) + \sqrt{1-\beta}\right]\right\}.$$

$$\beta = \frac{h}{H_{\text{к}}}\left[1 - \left(\frac{W_0}{W_{\text{п}}}\right)^2\right].$$

1.7. Содержание элементов питания в торфяных почвах
(по Н. Ф. Лебедевичу), % на абсолютно сухое вещество

Элемент питания	Почва		Элемент питания	Почва	
	низинных болот	переходных болот		низинных болот	переходных болот
K_2O	0,07	0,06	N	2,5...3,5	2,0
P_2O_5	0,45	0,25	Гумус	40...70	30...60
CaO	3,0	1,50			

1.8. Мелиоративная классификация минеральных почв

Тип	Подтип	Вид		
		по степени и глубине оглеения*	по мощности гумусового (перегнойного) слоя	по содержанию гумуса
Подзолистые	Глеево-подзолистые	Поверхностно-оглеенные (с поверхности и до глубины 50...60 см)	Слабодерновые (менее 10 см)	Малогумусовые (1...2%)
	Подзолистые	Глубокооглеенные (глубже 90...100 см)	Среднедерновые (10...15 см)	Среднегумусовые (2...3%)
	Дерново-подзолистые	Глееватые (глубже 60...70 см) Глеевые (интенсивное оглеение всего профиля)	Глубокодерновые (более 15 см)	Многогумусовые (более 3%)
Болотно-подзолистые	Торфянисто-подзолистые	Глубокооглеенные (глубже 80...100 см)	Торфянистые (10...20 см)	Малогумусовые (менее 5%)
	Торфяно-подзолистые			
	Перегнойно-подзолистые	Поверхностно-оглеенные (с поверхности и до глубины 40...50 см)	Торфяные (20...30 см)	Среднегумусовые (5...9%)
		Глеевые (интенсивное оглеение всего профиля)	Перегнойные (до 20 см)	Многогумусовые (9...15%)
				Перегнойные (более 15%)
Дерново-глеевые	Дерново-глеевые	Поверхностно-оглеенные (с поверхности и до глубины 50...60 см)	Маломощные (до 20 см)	Малогумусовые (до 3%)
	Перегнойно-глеевые	Глееватые (глубже 50...60 см)	Среднемощные (20...40 см)	Среднегумусовые (3...5%)
		Глеевые (интенсивное оглеение всего профиля)	Мощные (более 40 см)	Многогумусовые (5...12%)

				Перегнойные (более 12%)
Серые лесные глеевые	Серые лесные глееватые	Поверхностно-глееватые (в гумусовом горизонте и по всему профилю)	Маломощные (менее 20 см)	Малогумусовые (менее 3%)
	Серые лесные глеевые	Глееватые (глубже 70... 80 см)	Среднемощные (20... 40 см)	Среднегумусовые (3... 5%)
		Глеевые (интенсивное оглеение с глубины 50...60 см)	Мощные (более 40 см)	Многогумусовые (более 5%)
		Контактно-глеевые (интенсивное оглеение на контакте смены пород в пределах 1,5...2 м толщи)		
Бурые лесные глеевые	Бурые лесные глееватые	Поверхностно-глеевые (с поверхности и до глубины 80...90 см)	Маломощные (менее 20 см)	Малогумусовые (менее 3%)
	Бурые лесные глеевые	Глеевые (глубже 30... 40 см)	Среднемощные (20.. 30 см)	Среднегумусовые (3... 5%)
	Подзолисто-бурые лесные глеевые		Мощные (более 30 см)	Многогумусовые (более 5%)
Лугово-черноземные	Луговато-черноземные	Поверхностно-глееватые (с глубины 5...10 см и по всему профилю)	Маломощные (менее 20 см)	Малогумусовые (менее 6%)
	Лугово-черноземные	Глееватые (глубже 70... 80 см)	Среднемощные (20... 30 см)	Среднегумусовые (6... 9%)
			Мощные (более 30 см)	Многогумусовые (более 9%)

Продолжение

Тип	Подтип	Вид		
		по степени и глубине оглеения*	по мощности гумусового (перегнойного) слоя	по содержанию гумуса
Аллювиальные дерново-глеевые	Дерново-глеевые	Глубокооглеенные (глубже 90 см)	Маломощные (менее 20 см)	Малогумусовые (менее 3%)
	Слоистые дерново-глеевые	Глееватые (глубже 40... 60 см)	Среднемощные (20... 40 см)	Среднегумусовые (3... 5%)
	Перегнойно-глеевые	Слабоглееватые (глубже 70...80 см)	Мощные (более 40 см)	Многогумусовые (6... 15%)
		Глеевые (интенсивное оглеение с глубины 20... 40 см)		Перегнойные (более 15%)
Аллювиальные болотные иловато-торфяные	Иловато-торфяно-глеевые	Поверхностно-оглеенные (с поверхности и до глубины 30...50 см)	Иловато-торфянисто-глеевые (менее 30 см)	Малогумусовые (менее 3%)
	Иловато-торфяные	Глеевые (интенсивное оглеение всего профиля)	Иловато-торфяно-глеевые (30...50 см)	Среднегумусовые (3... 6%)
	Иловато-перегнойно-глеевые		Иловато-торфяные маломощные (50...100 см)	Многогумусовые (более 6%)
			Иловато-торфяные среднемощные (100... 200 см)	
			Иловато-торфяные мощные (более 200 см)	

* В скобках отмечена глубина проявления четких признаков оглеения в виде сизоватых пятен, темно-серых железисто-марганцевых ортштейнов и примазок у поверхностно- и глубокооглеенных почв и в виде сплошного оглеенного горизонта у глееватых и глеевых почв, у болотно-подзолистых почв глубина проявления признаков оглеения отсчитывается от нижней границы торфяного (перегнойного) слоя.

W_0 — влажность на высоте h над уровнем грунтовых вод при полном капиллярном насыщении почвы; $W_п$ — влажность, соответствующая полной влагоемкости; $H_к$ — высота капиллярного поднятия.

Наиболее часто применяют две первые формулы.

1.4. ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ

Переувлажненные минеральные почвы зоны осушения представлены разновидностями глееподзолистых, подзолистых, дерново-подзолистых, дерновых, серых и бурых лесных, аллювиальных и лугово-черноземных почв различной степени оглеения.

По мелиоративной классификации минеральных почв они делятся на типы, подтипы и виды (табл. 1.8).

По механическому составу минеральные почвы подразделяются на песчаные, супесчаные, суглинистые и глинистые (табл. 1.9).

1.9. Классификация почв по механическому составу (по Н. А. Качинскому)

Почва	Содержание частиц		Почва	Содержание частиц	
	глины <0,01 мм	песка >0,01 мм		глины <0,01 мм	песка >0,01 мм
Рыхлый песок	0...5	100...95	Тяжелый суглинок	40...50	60...50
Связный песок	5...10	95...90	Легкая глина	50...70	50...35
Супесь	10...20	90...80	Средняя глина	70...80	30...20
Легкий суглинок	20...30	80...70	Тяжелая глина	>80	<20
Средний суглинок	30...40	70...60			

Водно-физические свойства переувлажненных минеральных почвогрунтов приведены в таблице 1.10.

1.10. Основные водно-физические свойства переувлажненных минеральных почвогрунтов

Средняя плотность, г/см³	Пористость	Наименьшая влагоемкость	Высота капиллярного поднятия, см	Коэффициент фильтрации, м/сут	Водоотдача метрового слоя, %
	% объема				
Мелкозернистый песок					
1,6...1,7	35...40	12...18	10...20	0,0n...n	10...20
Супесь					
1,4...1,6	40...45	15...20	40...60	0,0n	6...15
Суглинок					
1,4...1,5	45...50	25...30	100...150	0,00n...0,n	1...6
Глина					
1,5...1,8	35...45	30...35	200...300	0,00n...0,0n	0,007...0,05

Примечание. Обозначение n — любая значащая цифра, кроме нуля.

1.11. Классификация почв по сложению и фильтрационной способности

Сложение	Средняя плотность, г/см³	Фильтрационная способность слоя 0...200 см	Коэффициент фильтрации, м/сут
Рыхлое	<0,8	Очень слабая	<0,001
Слабоуплотненное	0,8...1,2	Слабая	0,001...0,01
Среднеуплотненное	1,2...1,5	Замедленная	0.01...0,1
Плотное	1,5...1,7	Средняя	0,1...0,5
Очень плотное	>1,7	Повышенная	0,5...1
		Высокая	>1

Минеральные почвы по сложению делятся на рыхлые, слабо- и среднеуплотненные, плотные и очень плотные (табл. 1.11).

По степени кислотности почвы подразделяются на слабокислые (pH менее 4,5), среднекислые (pH 4,6...5), сильнокислые (pH 5,1...5,5), близкие к нейтральным (pH 5,6...6,0) и нейтральные (pH более 6,0).

По содержанию карбонатов и легкорастворимых солей почвы дифференцируются на некарбонатные и незасоленные и карбонатные и засоленные.

Вовлекаемые в сельскохозяйственное производство осушаемые почвы подразделяются на три группы:

почвы высокого потенциального плодородия — серые лесные, лугово-черноземовидные, дерновые, аллювиальные дерновые разной степени оглеения с мощным гумусовым горизонтом, слабокислой или нейтральной реакцией среды, содержанием гумуса более 4% и повышенным содержанием подвижных форм фосфора и калия;

почвы среднего потенциального плодородия — дерново-подзолистые, бурые лесные;

почвы низкого потенциального плодородия — глеево-подзолистые, подзолистые, аллювиальные слоистые с мощностью гумусового горизонта менее 15 см, с низким содержанием гумуса и подвижных форм фосфора и калия, а также болотно-подзолистые.

Агрохимические свойства основных почв мелиоративного фонда приведены в таблице 1.12.

1.12. Агрохимические свойства верхних горизонтов переувлажненных минеральных почв (средние значения)

Тип и подтип почвы	Гумус, %	pH солевой вытяжки	Гидролитическая кислотность, мг·экв. на 100 г почвы	Насыщенность основаниями, %	Подвижный фосфор	Обменный калий
					мг на 100 г почвы	
Глеево-подзолистая	0,5...1,5	3,0...4,0	10...20	10...20	0...5	0...5
Подзолистая	1,0...2,5	3,5...4,5	5...15	20...40	0...5	0...5
Дерново-подзолистая	1,5...3,0	4,0...5,5	3...10	40...60	0...5	5...10
Дерново-глеевая	3,0...14,0	5,5...6,5	1...5	80...90	5...10	10...15
Серая лесная глееватая и глеевая	2,0...3,0	3,5...5,5	3...10	50...70	0...5	5...10
Аллювиальная дерново-глеевая	3,0...9,0	5,0...6,5	0...5	70...90	5...10	10...15

1.5. ОСАДКА ТОРФА И ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ПОСЛЕ ОСУШЕНИЯ

Осадка торфа. Под влиянием осушения торф уплотняется. Уменьшение объема торфа вследствие снижения содержания в нем воды называется усадкой торфа. Понижение поверхности торфяника в результате усадки торфа, его уплотнения под действием динамического давления воды, биохимического разложения, механической и химической суффозии, ветровой и водной эрозии и других причин называется осадкой торфа. Она зависит от исходной мощности залежи, вида и степени разложения торфа, глубины понижения уровней грунтовых вод, которая, в свою очередь, зависит от глубины каналов (дрен), климатических условий местности и других факторов.

Осадка торфа по глубине залежи распространяется неравномерно: максимальная в зоне неполного насыщения (в слое до уровня грунтовых вод в меженный период), минимальная — в слое ниже глубины каналов (дрен), где она в 2...5 раз ниже, чем в верхних горизонтах.

При длительном использовании болот суммарная осадка торфа после осушения составляет (по А. Н. Костякову): для плотного торфа 12...15% его мощности, для рыхлого — 15...25, для почти плывучего торфа 25...40%. Меньшие значения относятся к глубоким залежам торфа (7...8 м), а большие — к маломощным торфяникам (1...2 м).

Ориентировочно осадку принимают равной 10...15% глубины канала для плотного торфа и 30...40% для рыхлого торфа.

Максимальная интенсивность осадки торфа наблюдается в первый год после строительства осушительной сети и в первые 3...5 лет, постепенно она уменьшается и определяется сработкой торфа, которая зависит от характера сельскохозяйственного использования земель (максимальная при возделывании пропашных культур, минимальная — под травами).

Осадку торфа определяют по формулам ВНИИГиМ:

для низинных болот

$$h_{oc} = 0{,}18\kappa H^{0{,}35} t^{0{,}64},$$

для верховых болот

$$h_{oc} = 0{,}16\kappa H^{0{,}52} t^{0{,}63},$$

где h_{oc} — осадка (понижение поверхности) торфа у бровки канала, м; t — глубина канала, м; H — мощность торфа до осадки, м; κ — коэффициент, зависящий от плотности торфа и имеющий следующие значения: для плотного торфа $\kappa=1{,}0$; среднеплотного $\kappa=1{,}4$, рыхлого $\kappa=27...20$, почти плывучего $\kappa=5{,}4...3{,}8$.

Условия, для которых даны значения κ, определяют визуально. Более точно их можно принять в зависимости от средней плотности (Ю. Остроменский):

Средняя плотность, г/см³	0,06	0,065	0,075	0,09	0,11	⩾0,12
г	5,4	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0

По формулам А. И. Мурашко:

$$h_{oc} = AH_0\{1 - \exp[-h(a + bt)]\},$$

где h_{oc} — осадка поверхности низинного болота у бровки каналов и вблизи дрен, м; h — глубина канала, дрены, м; t — длительность осушения, лет; A — коэффициент плотности торфа, зависящий от его средней плотности, влажности и степени разложения; этот коэффициент определяют по номограмме (рис. 1.4); a, b — коэффициенты скорости осадки соответственно в первом году осушения ($м^{-1}$) и в последующие годы ($м^{-1}$ год). Коэффициенты a и b зависят от природно-климатических условий; для Белоруссии, Прибалтики и Нечерноземной зоны РСФСР $a=0{,}07$ $м^{-1}$, $b=0{,}06$ $м^{-1}$/год.



Рис. 1.4. Номограмма для определения коэффициента плотности низинного торфа (по А. И. Мурашко).

Эта формула может быть использована для ориентировочной оценки осадки переходных болот при $a=0{,}065$ и $b=0{,}009$.

Для низинных и переходных болот с учетом глубины каналов и свойств торфа осадку определяют по формуле В. Ф. Митина:

$$h_{oc} = H_э^{(1-m)} \frac{0.10^m}{100 - P} \times$$

$$\times \gamma_{об} t_к (1 + \ln T),$$

где $H_э$ — исходная мощность залежи, м; m — коэффициент, учитывающий пластические свойства залежи; $m=5-0{,}05P$ для низинных болот, $m=10-0{,}10P$ для верховых болот; P — пористость торфа, %; $t_к$ — проектная глубина канала после осадки, м; $\gamma_{об}$ — средняя плотность торфа естественной влажности, г/см³; T — продолжительность периода осадки (автор рекомендует $T=5$ лет).

Приближенно ежегодную осадку и сработку торфа (м) с учетом природно-климатических условий местности определяют по формуле Б. С. Маслова:

$$h_o = 0{,}08 H \alpha^{1,4} \sqrt{m} / e^{\beta T},$$

где H — средняя глубина залегания грунтовых вод, м; m — мощность торфяной залежи, м; α — климатический параметр; $\alpha=100t/P$, t — среднегодовая температура воздуха, °С; P — годовая норма осадков, мм; T — продол-

1.13. Изменение агрохимических свойств тяжелых почв после осушения и окультуривания в Белоруссии (по В. И. Белковскому и др.)

Генетический горизонт	Глубина, см	pH солевой вытяжки		Гидролитическая кислотность, мг·экв. на 100 г почвы		Сумма обменных оснований, мг·экв. на 100 г почвы		Степень насыщенности основаниями, %	
		до осушения	через 5 лет	до осушения	через 5 лет	до осушения	через 5 лет	до осушения	через 5 лет
Неосушенный неосвоенный участок									
A_1	5...15	—	5,7	—	4,55	—	10,05	—	68,83
A_2B_1	19...29	—	7,2	—	0,53	—	27,00	—	98,11
B_2	40...50	—	7,4	—	0,18	—	48,90	—	99,63
C	120...130	—	7,5	—	0,35	—	48,80	—	99,28
Неосушенный освоенный участок									
$A_п$	5...15	5,1	6,9	0,50	1,49	17,40	27,90	83,25	94,93
B_1	35...45	5,8	6,5	1,88	1,23	27,20	27,70	93,54	95,75
C	70...80	7,3	7,6	0,44	0,70	49,80	35,80	99,12	98,08
Осушенный освоенный участок									
$A_п$	5...15	6,4	7,2	3.50	0,62	22,20	39,20	86,38	98,45
A_2B_1	25...35	5,0	6,6	2,63	1,05	16,40	27,35	86,18	96,30
B_2	45...55	5,8	7,7	0,88	0,35	26,00	48,70	96,73	99,29
C	125...135	7,4	7,8	0,53	0,35	39,60	48,80	98,68	99,29

жительность периода, для которого рассчитывают осадку торфа, лет; β — коэффициент; $\beta = 0{,}1 + 0{,}02\,a - 0{,}0025\,T$.

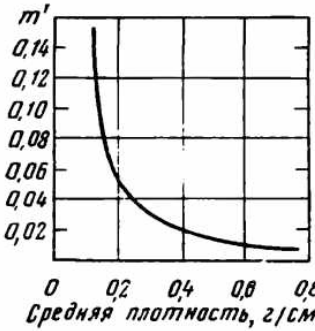


Рис. 1.5. Зависимость для определения коэффициента m^1.

Изменение водно-физических свойств почв под влиянием осушения. После осушения и в процессе сельскохозяйственного использования минеральных избыточно увлажненных почв уменьшаются их плотность и средняя плотность (в 1,1...1,2 раза и более), увеличивается пористость (в 1,05...1,15 и более) и возрастает влагоемкость и водопроницаемость. Наиболее быстро эти величины изменяются при глубоком рыхлении почвы и внесении в нее органических и минеральных удобрений и извести. Водно-физические свойства изменяются по сезонам: плотность увеличивается, пористость и водопроницаемость уменьшаются после снеготаяния и в период выпадения осадков. Осушение и окультуривание тяжелых почв существенно улучшает их агрохимические свойства; уменьшается гидролитическая кислотность, возрастают сумма обменных оснований и степень насыщенности ими почвы (табл. 1.13).

Коэффициенты фильтрации дренированных глинистых и суглинистых почв после осушения и окультуривания увеличиваются в пахотном слое в среднем в 2,7...7 раз, в подпахотном в 1,6...2,7 раза.

На торфяных почвах изменение водно-физических свойств связано в основном с осадкой торфа и потерями органического вещества, расходуемого сельскохозяйственными культурами (табл. 1.14).

Увеличение степени разложения и зольности торфа повышает его среднюю плотность. Так, в пахотном слое (0...30 см) в Белоруссии за 30 лет средняя плотность увеличилась с 0,13 до 0,30 г/см³ (по С. Г. Скоропанову), в Нечерноземной зоне РСФСР за 14 лет — с 0,220 до 0,256 г/см³ (по Б. С. Маслову), на Украине за 37 лет — с 0,162 до 0,219 г/см³ (по Н. М. Мостовому), в Эстонии за 43 года — с 0,131 до 0,149 г/см³ (по И. Эйзену).

Средняя плотность низинного торфа через T лет после осушения (по Б. С. Маслову):

$$\gamma = \gamma_0 (1 + mT^n),$$

где γ_0 — средняя плотность соответственно в начале и через T лет после осушения, г/см³; n — показатель степени, учитывающий климатические условия; $n = 0{,}025t^2$; t — среднегодовая температура воздуха, °С; m — коэффициент, суммарно учитывающий характер сельскохозяйственного использования земель, глубину залегания уровней грунтовых вод, а также γ_0 и T; для начального периода освоения болот ($T < 5$ лет) $m = 3{,}3/T^{0{,}75}$ при $\gamma_0 = 0{,}1$... ...0,3 г/см³ и $m = 2{,}2/T^{0{,}49}$ при $\gamma_0 > 0{,}3$ г/см³.

1.14. Изменение свойств торфа во времени (по М. Н. Никонову и В. И. Минкиной)

Тип и вид торфа	Степень разложения, %		Зольность, %		Потери органического вещества, % исходного содержания
	исходная	через 13...15 лет	исходная	через 13...15 лет	
Верховой, сфагновый	3	21	3,17	6,56	50
Верховой, мединум	15	27	2,60	3,13	40
Верховой, пушицевый	45	55	2,10	2,38	20
Низинный, осоковый	15	28	6,01	8,83	30

1.15. Потери органического вещества в торфяных почвах Белоруссии при различном их сельскохозяйственном использовании (по А. Е. Волкову)

Почва	Мощность залежи торфа, см	Средняя урожайность		Убыль органического вещества, т/га	Содержание протеина на 1 т разрушенного органического вещества, кг
		т/га	%		
Многолетние травы					
Торфянисто-глеевая	30	12,2	100	4,35	140.5
»	50	13,4	110	4,41	161,7
Торфяно-глеевая	100	14,2	115	3,82	208.2
Зерновые					
Торфянисто-глеевая	30	2,8	100	5,98	39,2
»	50	3,3	117	6,03	46.1
Торфяно-глеевая	100	3,8	136	5,98	57,9
Картофель					
Торфянисто-глеевая	30	23,0	100	7.85	52,3
»	50	27,3	119	8,27	65,5
Торфяно-глеевая	100	29,0	126	7,89	78,2

Для периода $T>5$ лет $m=m'$. Коэффициент m' определяется по графику (рис. 1.5). При использовании торфяных почв только под травы значение m умножается на редукционный коэффициент, равный 0,35.

Увеличение средней плотности торфа повышает его плотность и уменьшает пористость.

Запасы органического вещества в торфяных почвах зависят от их сельскохозяйственного использования (табл. 1.15).

Коэффициент фильтрации пахотного слоя низинных торфов после осушения и окультуривания почвы изменяется, по данным разных авторов, в среднем в 2...15 раз (имеются случаи в 70 раз и более), а на предварительно осушенных болотах — менее — в 1,2...3,6 раза (редко более).

Водоотдача торфа уменьшается в 1,2...1,7 раза (до 2,3), высота капиллярного поднятия несколько увеличивается (в 1,3...1,5 раза).

Коэффициент уровнепроводности $a=k/\mu$, где k — коэффициент фильтрации, μ — водоотдача, под влиянием осушения торфяных почв уменьшается. Однако при возделывании сельскохозяйственных культур и оструктуривании почв он несколько увеличивается.

Осредненные значения a для разных почв (по К. П. Лундину) составляют (м/сут):

Торф низинный:	
неосушенный	15...20 (до 40)
предварительно осушенный с понижением уровня грунтовых вод:	
до 1...2 м	0,5...1,0
до 0.5...0,6 м	4...10
осушенный при сельскохозяйственном использовании . .	10...25

Песок:	
мелкозернистый	20...25
среднезернистый	35...50
крупнозернистый	150...350
Супесь	15
Сапропель	1...2
Глина	0,1...1

После осушения торфяных почв при длительном сельскохозяйственном их использовании мощность залежи торфа уменьшается, и поверхность земли приближается к минеральному дну болота. Продолжительность ее сработки от исходной H_0 до глубины $H_{min}=20$ см определяют по формуле А. И. Мурашко и А. С. Бут-Гусаима:

$$T = \frac{\ln\left(1 - \frac{H_0 - H_{min}}{A H_0}\right) + a(z+c)}{b(z+c)},$$

где H_0 — начальная мощность торфяной залежи, м; z — норма осушения, м (луговые культуры $z=0{,}7...0{,}8$ м, зерновые и пропашные $z=0{,}9...1{,}1$ м); c — среднее превышение кривой депрессии над дном канала (дрены), $c=0{,}2...0{,}4$ м; a, b — коэффициенты из формулы А. И. Мурашко для определения осадки торфа.

Продлить срок существования торфяников можно путем использования их под луговые угодья или под зерново-пропашные культуры, которые увеличивают этот срок по сравнению с пропашными севооборотами почти соответственно на 100 и 30%.

Осадку торфа и связанные с нею изменения водно-физических свойств торфа необходимо учитывать при выборе расстояний между осушительными каналами (дренами), режимов осушения и дополнительного увлажнения почв, планировании агротехнических и других мероприятий.

Глава 2. ТИПЫ ВОДНОГО ПИТАНИЯ И ВОДНЫЙ БАЛАНС ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

2.1. ТИПЫ ВОДНОГО ПИТАНИЯ БОЛОТ И МИНЕРАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Тип водного питания (ТВП) определяется основным источником переувлажнения почвы. Он зависит от климатических, геологических, гидрогеологических, гидрологических, почвенных и других условий объекта. Эти условия определяют количество и состав избыточной воды.

По классификации А. Д. Брудастова выделяются пять типов водного питания земель: атмосферный, грунтовый, грунтово-напорный, склоновый (делювиальный), намывной (аллювиальный).

В условиях орошения, особенно склонных к засолению почв, при промывном водном режиме причиной переувлажнения земель могут быть поливные воды, поэтому может быть выделен дополнительно оросительный ТВП.

В пределах одного массива с переувлажненными почвами может быть несколько типов водного питания, то есть смешанный ТВП.

При атмосферном ТВП основным источником избыточной влаги являются атмосферные осадки, выпадающие на переувлажненную и осушаемую территорию. Он свойствен землям, расположенным на водоразделе и верхней части склонов, с малыми уклонами поверхности и со слабоводопроницаемыми почвами (глины, суглинки) и с глубоким (3...5 м и более) залеганием грунтовых вод.

При грунтовом ТВП причина переувлажнения — неглубоко залегающие грунтовые воды. В зависимости от условий формирования последних выделяют три подтипа:

первый — поток грунтовых вод со склонов;

второй — поток фильтрационных вод водохранилищ и рек;

третий — бассейн грунтовых вод.

Первый подтип свойствен болотам, расположенным в понижениях рельефа, особенно в поймах, и на нижних частях склонов. Болота, как правило, низинные, реже переходные.

Второй подтип имеет место при высоком залегании уровня воды в гидрографической сети, вызывающего подтопление земель. В зависимости от интенсивности и продолжительности поступления фильтрационных вод образуются избыточно увлажненные минеральные заболоченные земли сначала на отдельных пониженных участках, затем на всей площади.

Третий подтип свойствен плоским слабодренированным равнинам, сложенным проницаемыми грунтами (пески, супеси и др.), грунтовые воды залегают неглубоко, зоны их питания и разгрузки почти совпадают. Уклоны грунтовых вод практически отсутствуют, уровень их копирует поверхность земли. Переувлажненные земли представлены часто песками и низинными торфами, реже переходными и верховыми торфами, супесями и суглинками.

При грунтово-напорном ТВП основная причина переувлажнения — воды напорного водоносного горизонта, перекрытого сверху слабоводопроницаемыми грунтами.

Показателем степени участия второго от поверхности водоносного горизонта в водно-минеральном питании переувлажненных земель служит соотношение уровня грунтовых вод и нижележащего горизонта, а также филь-

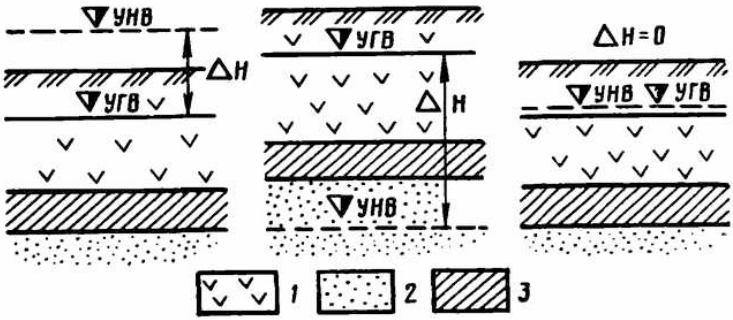


Рис. 2.1. Гидродинамические схемы взаимосвязи болотных вод с нижележащими горизонтами:

ΔH — разность уровней; УНВ — пьезометрический уровень напорных вод; *1* — торф; *2* — песок; *3* — глина.

трационные свойства разделяющих их пород. Возможны три схемы взаимосвязи (рис. 2.1): пьезометрические уровни постоянно залегают выше уровней грунтовых (болотных) вод, уровни совпадают, уровни грунтовых вод залегают выше уровней второго водоносного горизонта.

При первой схеме переувлажненные земли подпитываются напорными водами, при второй — наблюдается неустойчивое равновесие, легко изменяющееся под влиянием метеорологических и других факторов, вследствие чего меняется направление и величина вертикального водообмена, при третьей — имеет место отток грунтовых вод. Грунтово-напорное питание свойственно первой и второй схемам.

Чтобы вода перетекала через относительный водоупор, необходим определенный начальный градиент, который зависит от мощности разделяющего водоупорного пласта и коэффициенту фильтрации слагающих его пород.

При грунтово-напорном ТВП выделяются три подтипа: первый — выклинивание напорных вод через гидрогеологические «окна» в водоупоре (древние ложбины стока, карстовые воронки, трещины и пр.), второй — площадное выклинивание напорных вод, третий — капиллярное заболачивание.

Первый подтип наиболее свойствен низинным болотам в притеррасных частях пойм, нередко напорные воды выходят в виде восходящих родников на поверхность или в озера. На таких землях часто наблюдается вторая схема взаимосвязи. Земли постоянно переувлажнены, тяжело поддаются осушению.

Второй подтип распространен шире, чем другие, разделяющий водоносные пласты относительный водоупор не разрушен, грунтовые воды подпитываются напорными водами. Третий подтип отличается тем, что слабоводопроницаемые покровные отложения (глина, суглинки) характеризуются большой высотой капиллярного поднятия и отсутствием грунтовых вод.

При склоновом ТВП переувлажнение происходит в результате поверхностного стока с прилегающих к объекту осушения склонов. Он свойствен заболоченным землям на склонах, характеризующихся большими уклонами и сложенных слабоводопроницаемыми грунтами.

При намывном ТВП переувлажнение происходит в результате периодического затопления земель паводковыми и другими водами, выходящими из берегов рек и озер. К этому ТВП относятся озерные и речные поймы, а также дельты рек, приморские низменности (подвержены затоплению при сгонно-нагонных течениях).

2.2. ВОДНЫЙ БАЛАНС ОБЪЕКТОВ ОСУШЕНИЯ

Количественной характеристикой типов водного питания, необходимой для определения параметров осушительной сети, является водный баланс (табл. 2.1). Он определяется соотношением между приходом и расходом влаги на территории за какой-либо период.

Приходную часть баланса составляют: атмосферные осадки P, притоки поверхностных $П_п$, грунтовых $П_г$ и напорных вод $П_н$, конденсация влаги (роса, иней и др.) на поверхности $K_п$ и в зоне аэрации $K_а$. Расходную часть баланса составляют: суммарное испарение $E_с$, включающее транспирацию (водопотребление) T, испарение с поверхности почвы $E_п$ и с водной поверхности при ее наличии на объекте $E_в$, поверхностный сток C и отток грунтовых вод за пределы балансового участка $O_г$.

В общем случае уравнение водного баланса для осушаемого массива или его части имеет следующий вид:

$$(P + П_п + П_г + П_н + K) - (E_с + E_п + C + O_г) = \Delta W,$$

где $\Delta W = W_2 - W_1$ — изменение запасов влаги на территории массива за расчетный период; W_1 и W_2 — запасы влаги соответственно в начале и конце расчетного периода. Запасы влаги слагаются из запасов ее на поверхности почвы $W_п$, в зонах эрации $W_а$ и грунтовых вод $W_г$.

Баланс составляется для участков, ограниченных в плане границами объекта (нередко река, канал), в разрезе поверхностью земли и водоупором. Продолжительность расчетных периодов в зависимости от решаемых задач — год, сезон, месяц, декада.

Для раскрытия взаимосвязи атмосферных, почвенных и грунтовых вод, помимо общего водного баланса, по рекомендациям С. Ф. Аверьянова, составляют частные уравнения водного баланса, позволяющие более полно оценить тип водного питания объекта.

Уравнение баланса поверхностных вод:

$$(P + П_п + K_п) - (E_в + C + Ф_а) = \Delta W_п.$$

Уравнение баланса влаги в зоне аэрации:

$$(Ф_а + K_а + E_г) - (T + E_п + Ф_г) = \Delta W_а.$$

Уравнение баланса грунтовых вод:

$$(П_г + П_н + Ф_г) - (E_г + O_г) = \Delta W_г.$$

Входящие в частные уравнения баланса дополнительные элементы обозначают следующее: $Ф_а$ — инфильтрация (впитывание) воды с поверхности почвы в зону аэрации (зону неполного насыщения); $Ф_г$ — проинфильтровавшаяся влага до уровня грунтовых вод; $E_г$ — испарение с поверхности грунтовых вод (капиллярный отток влаги в зону аэрации с поверхности грунтовых вод).

Влагообмен грунтовых вод с зоной аэрации $g = E_г - Ф_г$ определяет степень их участия в переувлажнении почвы.

Баланс грунтовых вод может быть записан также в следующем виде:

$$П_г + П_н + O_г \pm g = \mu \Delta H,$$

где μ — водоотдача грунта в зоне изменения уровней грунтовых вод; ΔH — изменение глубины грунтовых вод за расчетный период.

При оценке типов водного питания конденсацией ($K_п$ и $K_а$), испарением с водной поверхности $E_в$ обычно пренебрегают.

Основной приходный элемент водного баланса на осушаемых землях — атмосферные осадки, а основной расходный — суммарное испарение. Только при намывном водном питании преобладающее значение (обычно весной) имеет приток поверхностных вод.

2.1. Элементы водного баланса осушаемых земель

Элемент баланса	Статья баланса	Основной метод определения
Элементы баланса грунтовых вод		
Приток грунтовых вод	Приход	Расчет по данным наблюдений за уровнями грунтовых вод на прилегающей территории
Приток напорных вод	»	Расчет по данным наблюдений за уровнями грунтовых вод и пьезометрическим уровням (кусты скважин)
Инфильтрация осадков до уровня грунтовых вод	»	Измерение лизиметрами
Отток грунтовых вод	Расход	Расчет по данным наблюдений за уровнями грунтовых вод на прилегающей территории
Дренажный сток		Измерение на гидрометрических постах, расчетом по формулам теории фильтрации
Испарение с поверхности грунтовых вод	»	Измерение лизиметрами
Изменение запасов грунтовых вод	Баланс	Расчет по данным наблюдений за изменением глубин грунтовых вод
Элементы баланса влаги в зоне аэрации		
Инфильтрация осадков в зону аэрации	Приход	Измерение испарителями, лизиметрами, расчетом по разности из уравнения баланса поверхностных вод
Конденсация влаги в зоне аэрации	Приход	Измеряется совместно с испарением в лизиметрах, испарителях
Испарение с поверхности грунтовых вод	»	Измерение лизиметрами
Испарение с поверхности почвы	Расход	Измерение методом теплового баланса и почвенными испарителями
Транспирация	»	То же
Инфильтрация осадков до уровня грунтовых вод	»	Измерение лизиметрами
Изменение запасов влаги в зоне аэрации	Баланс	Измерение влагомерами, наблюдения за влажностью почвы
Элементы баланса поверхностных вод		
Атмосферные осадки и водоотдача из снега	Приход	Измерение дождемерами, плювиографами, снегомерными съемками
Приток поверхностных вод со стороны	»	Измерение на гидрометрических постах, стоковых площадках
Конденсация воды на поверхности почвы, растений и в снеге		Прямые методы сложные и слаборазработанные; измеряется совместно с испарением в лизиметрах, испарителях

Продолжение

Элемент баланса	Статья баланса	Основной метод определения
Испарение с водной поверхности и снега	Расход	Измерение испарителями ГГИ-3000
Поверхностный сток	Расход	Измерение на гидрометрических постах, редко расчленением гидрографа стока
Инфильтрация атмосферных осадков в зону аэрации		Измерение испарителями, лизиметрами, расчетом по разности из уравнения баланса поверхностных вод
Изменение запасов воды на поверхности почвы (аккумуляция)	Баланс	Измерение на водомерных постах и маршрутными снегомерными и водомерными съемками

Примечание. На осушительно-увлажнительных системах необходимо учитывать поливные инфильтрационные воды.

Условно все типы водного питания (кроме атмосферного) характеризуются приближенным $Э > (0{,}15...0{,}20)\ Пр$, где $Э$ — основной элемент водного баланса (приток грунтовых вод, напорных, склоновых или аллювиальных), определяющий соответствующий тип водного питания (грунтовый, напорный, склоновый и намывной), $Пр$ — приходная часть баланса, то есть сумма приходных элементов баланса.

В зависимости от интенсивности грунтового питания $q_г$ переувлажненные земли делят (по Б. С. Маслову) на четыре категории: слабое питание $q_г < 0{,}2$ мм/сут, среднее питание $q_г = 0{,}2...0{,}6$ мм/сут, сильное питание $q_г = 0{,}6...1{,}5$ мм/сут, очень сильное $q_г > 1{,}5$ мм/сут.

Низинные болота характеризуются в основном средней интенсивностью подземного питания. Очень сильное питание встречается лишь в местах сосредоточенного выхода напорных вод в виде родников.

Осушительные мелиорации направлены на уменьшение приходной и увеличение расходной части водного баланса, и прежде всего увеличение элементов баланса $С$ и $О_г$ путем искусственного дренирования территории. При оценке водного режима осушаемых земель в общее уравнение водного баланса и в уравнение баланса грунтовых вод вводят дополнительный элемент — дренажный сток $Д$.

2.3. БАЛАНС ЗОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Баланс зольных элементов составляется для оценки питательного (пищевого) для растений режима почвы.

В приходную часть баланса входят следующие элементы: запас питательных веществ в почве в начале периода $S_н$; поступление зольных элементов с осадками $П_о$, с семенами $П_с$, с грунтовыми и напорными водами $П_г$, из воздуха с пылью и за счет поглощения газообразного азота $П_в$, образование питательных веществ в почве микроорганизмами $П_м$, внесение удобрений $П_у$. При дополнительном орошении вводится элемент — поступление с поливной водой $П_п$.

В расходную часть баланса входят: вынос зольных элементов с урожаем и сорняками $Р_у$; вымыв питательных элементов поверхностным стоком $Р_с$; вынос веществ с дренажным стоком $Р_д$; запасы элементов питания в конце расчетного периода $S_к$.

Уравнение баланса зольных элементов имеет следующий вид:

$$(П_о + П_с + П_п + П_г + П_в + П_м + П_у) - (Р_у + Р_с + Р_д) = S_к - S_н.$$

Основными приходными элементами баланса являются $S_н$, $П_у$ и $П_м$, на землях грунтового и грунтово-напорного питания существенна роль $П_г$.

Мелиорация должна быть направлена на сохранение и приумножение плодородия почв, сокращение потерь элементов питания растений (азот, фосфор, калий, кальций и др.) с дренажным стоком (вынос с поверхностным стоком и грунтовыми водами).

Элементы водного и питательного баланса принимают по данным изысканий, проводимых для обоснования проектов осушения с использованием материалов гидрометеорологических наблюдений, рекомендаций научных и опытно-производственных организаций.

Глава 3. МЕЛИОРАТИВНЫЙ ФОНД И ЕГО РАЙОНИРОВАНИЕ

3.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЛИОРАТИВНОГО ФОНДА

По определению А. Н. Костякова, под мелиоративным фондом понимают земли, нуждающиеся в тех или иных мелиорациях. В зоне развития осушительных работ это — площади переувлажненных, закустаренных земель и пр.

Площадь болот и заболоченных земель в стране (без тундры), по разным оценкам, составляет 200...220 млн. га. Это общий мелиоративный фонд для осушения.

Потребность в осушении и соответственно площадь мелиоративного фонда изменяются вместе с развитием производительных сил общества, по мере интенсификации земледелия.

Современный мелиоративный фонд, по разным оценкам, составляет 70... 90 млн. га. На ближайший период он определен Союзводпроектом на основе материалов крупномасштабных почвенных съемок в 52,635 млн. га. В него включены лишь сельскохозяйственные угодья (только для некоторых районов Белоруссии, Прибалтики и Дальнего Востока включены отдельные участки, не используемые в настоящее время в сельском хозяйстве, непосредственно примыкающие к осваиваемым площадям, мелиорация и использова-

3.1. Мелиоративный фонд СССР

	Площадь земель, нуждающихся в осушении, тыс. га		Площадь земель, нуждающихся в осушении, тыс. га
РСФСР	35 278	Украинская ССР	5 383
В том числе:		Белорусская ССР	4 619
Нечерноземная зона РСФСР	12 956	Латвийская ССР	2 558
Северо-Западный район	5 465	Литовская ССР	3 351
Центральный район	4 780	Эстонская ССР	907
Волго-Вятский район	1 552	Грузинская ССР	271
Центрально-Черноземный район	41	Молдавская ССР	268
Поволжский район	590		
Северо-Кавказский район	137		
Уральский район	2 601		
Западно-Сибирский район	9 150		
Восточно-Сибирский район	1 596		
Дальневосточный район	9 366		

3.2. Фонд земель (млн. га), нуждающихся в гидролесомелиорации

	Общая площадь переувлажненных земель	В том числе в лесах Гослесхоза				Заболоченность, %
		заболоченных лесов	болот	сенокосов и прочих земель	итого	
СССР	245,0	117,2	110,7	0,77	228,7	21,8
В том числе:						
европейская часть	61,1	33,8	18,3	0,42	52,5	34,2
Урал	9,4	5,6	2,5	0,03	8,1	27,0
Западная Сибирь	67,4	32,3	34,8	0,12	67,2	45,4
Восточная Сибирь	27,3	17,2	4,9	0,04	22,1	10,4
Дальний Восток	79,8	28,3	50,2	0,16	78,7	15,6

ние которых экономически оправданны). В состав мелиоративного фонда включаются также уже осушенные для сельского хозяйства земли, площадь которых составила 13,8 млн. га (1984 г.).

По союзным республикам и экономическим районам мелиоративный фонд распределяется следующим образом (табл. 3.1).

Помимо сельскохозяйственных угодий, в осушении нуждаются большие площади государственного земельного и лесного (гидролесомелиорация) фонда (табл. 3.2), наиболее плодородные из которых могут быть со временем включены в сельскохозяйственный оборот. Основные группы типов заболоченных лесов охарактеризованы в таблице 3.3.

Мелиоративный фонд сельскохозяйственных угодий страны по потребности в культуртехнических мелиорациях ориентировочно составляет: удаление кустарника и мелколесья 23,57 млн. га, в том числе с осушением 18,08 млн. га, уборка камней соответственно 17,68 и 8,09, противоэрозионные мероприятия 150,35 и 10,38 млн. га.

3.4. Ориентировочное распределение площадей (тыс. га) болот по типам в лесах Гослесхоза СССР

	Верховые	Переходные	Низинные	Всего
СССР	36 611,7	16 450,5	57 596,8	110 659,0
РСФСР	36 248,2	16 267,7	57 015,4	109 531,3
В том числе районы:				
Северо-Западный	8 908,4	4 790,7	2 781,7	16 480,8
Центральный	247,2	76,7	161,4	485,3
Волго-Вятский	93,6	64,3	20,7	178,6
Центрально-Черноземный	0,4	0,5	16,3	17,2
Поволжский	0,5	0,5	24,7	25,7
Уральский	713,3	499,6	1 280,8	2 493,7
Западно-Сибирский	18 348,9	4 636,0	11 847,9	34 832,8
Восточно-Сибирский	648,0	0,0	4 278,5	4 926,5
Дальневосточный	7 287,9	6 199,4	36 603,4	50 090,7
Украинская ССР	7,8	8,0	260,1	275,9
Белорусская ССР	58,8	83,6	132,6	275,0
Латвийская ССР	65,4	14,7	120,0	200,1
Литовская ССР	17,7	3,7	32,2	53,6
Эстонская ССР	213 8	72,8	36,5	323,1

3.3. Основные группы типов заболоченных лесов и болот (по Н. И. Пьявченко)

Тип условий местопроизрастания	Группа типов леса	Типичное местоположение, средний уровень грунтовых вод летом, см
Грунтовой (евтрофный) тип водно-минерального питания		
Болотно-травяный на торфянисто-перегнойных и торфяных почвах низинного типа	Черноольшаники (C_5, $Д_5$)	Плоские понижения, поймы и старицы рек, лощины, западины, от 0 до —50
	Ельники (C_4, C_5)	Пониженные проточные и слабопроточные котловины, поймы, террасы вдоль ручьев, окрайки переходных болот, от —15 до —60
	Кедровники (C_5)	То же, долины рек, подножия склонов
	Лиственничники (C_5)	То же
	Сосняки (B_5)	Пониженные элементы рельефа, окрайки переходных болот, верхние террасы, от 0 до —30
	Березняки (B_5, C_5)	Проточные понижения, поймы рек, ручьев, от +10 до —50
	Низинные болота	Те же условия без древостоев или с небольшим количеством деревьев вне бонитета
Атмосферно-грунтовый (мезотрофный) тип водно-минерального питания		
Долгомошный на торфянисто-подзолистых и торфянисто-глеевых почвах	Ельники (B_4)	Неглубокие плоские понижения, от —40 до —60
	Кедровники (B_4)	То же
	Березняки (B_4)	»
Травяно-сфагновый на торфянисто-подзолисто-глеевых, торфяно-глеевых и торфяных почвах переходного типа	Ельники (B_5)	Слабопрочные понижения, пологие склоны, окрайки верховых и переходных болот, от 0 до —15
	Кедровники (B_5)	Слабопроточные понижения, окрайки верховых болот, от 0 до —10
	Лиственничники (B_5)	Окрайки болотных массивов, слабодренированные понижения, от 0 до —10
	Сосняки (A_5, B_5)	Слабопроточные понижения, окрайки верховых болот, от 0 до —10
	Березняки (B_5)	Плоские слабопроточные переходные болота, окрайки верховых болот, от +5 до —25
	Переходные болота богатые	Те же условия без древостоев или с небольшим количеством деревьев вне бонитета
	Переходные болота бедные	Те же условия, но с более бедными почвами

Продолжение

Тип условий местопроизрастания	Группа типов леса	Типичное местоположение, средний уровень грунтовых вод летом, см
Атмосферный (олиготрофный) тип водно-минерального питания		
Долгомошный на торфянисто-подзолистых и торфянисто-глеевых почвах	Сосняки (A_4)	Неглубокие понижения на песчаных террасах и водоразделах, до —60 и более
Сфагновый на торфянистых, торфяно-глеевых и торфяных почвах верхового типа	Сосняки (A_5)	Водоразделы, склоны, нижние части склонов выпуклых верховых болот, замкнутые понижения, от —20 до —45
	Сосняки по верховому болоту (A_5)	Те же условия, но при более бедных почвах
	Верховые болота пушицево-кустарничниково-сфагновые	Те же условия, но при еще более бедных почвах и отсутствии древостоев

Примечание. Другие, более бедные типы верховых болот, не мелиорируемые в настоящее время, в таблицу не включены. Знак «—» означает, что уровень грунтовых вод лежит ниже поверхности почвы; знак «+», что он находится выше.

Оценка качества земель проводится на основе почвенных карт хозяйств, картограмм кислотности почв и запаса в них питательных веществ, материалов паспортизации полей, почвенно-мелиоративных и культуртехнических обследований по 100-балльной системе, разбитой на 10 классов бонитета (табл. 3.5). Чем выше балл, тем лучше земля для сельскохозяйственного использования. Урожайность сельскохозяйственных культур при принятом уровне агротехники определяется умножением оценки земли в баллах на «урожайную цену балла» (табл. 3.6). Под последней понимается доля среднемноголетней урожайности (т/га), приходящаяся на 1 балл оценки. Она зависит от уровня агротехники. «Урожайная цена балла» определяется по материалам многолетних данных по урожайности в разных хозяйствах и ориентировочной оценки земель.

Ориентировочная оценка качества основных типов переувлажненных земель приведена в таблице 3.7, а поправки на влияние закамненности, закустаренности и мелкоконтурности на оценку земель (по данным СевНИИГиМ) показаны в таблице 3.8...3.10.

3.5. Шкала бонитировки и оценка качества земель (по Н. Л. Благовидову)

Класс бонитета	Балл бонитета	Качество	Класс бонитета	Балл бонитета	Качество
X	91...100	Наилучшее	IV	31...40	Малоудовлетворительное
IX	81...90	Лучшее			
VIII	71...80	Хорошее	III	21...30	Неудовлетворительное
VII	61...70	Выше среднего			
VI	51...60	Среднее	II	11...20	Плохое
V	41...50	Ниже среднего	I	1...10	Непригодны для земледелия

3.6. «Урожайная цена балла» оценки земель для основных сельскохозяйственных культур и лугопастбищных угодий при различном уровне агротехники в Нечерноземной зоне РСФСР, т/га на 1 балл (по Л. З. Андреевой)

Культуры и угодья	Северо-Западный экономический район			Центральный экономический район (без южной части)			Южная часть Центрального, Волго-Вятский и Уральский районы			Калининградская область		
	Уровень агротехники											
	средний	повышенный	высокий	средний	повышенный	высокий	средний	повышенный	высокий	средний	повышенный	высокий
Зерновые	0,033	0,040	0,048	0,084	0,042	0,050	0,030	0,038	0,046	0,033	0,040	0,050
Картофель	0,210	0,260	0,310	0,230	0,280	0,330	0,200	0,250	0,300	0,150	0,225	0,320
Овощные (в среднем)	0,460	0,575	0,700	0,380	0,475	0,570	0,350	0,435	0,520	0,250	0,375	0,525
Лен-соломка	0,036	0,045	0,055	0,040	0,050	0,060	0,032	0,040	0,050	—	—	—
Кормовые корнеплоды (в среднем)	0,500	0,650	0,800	0,450	0,560	0,670	0,450	0,560	0,670	0,450	0,560	0,670
Силосные	0,220	0,275	0,330	0,260	0,320	0,380	0,300	0,375	0,450	0,270	0,335	0,400
Однолетние травы на зеленый корм	0,200	0,250	0,300	0,190	0,240	0,290	0,180	0,225	0,270	0,200	0,250	0,320
Многолетние травы на сено	0,055	0,070	0,085	0,050	0,062	0,075	0,045	0,055	0,065	0,055	0,075	0,090
Естественные сенокосы	0,025	0,030	—	0,022	0,030	—	0,020	0,025	—	0,025	0,030	—
Улучшенные сенокосы	0,035	0,040	0,045	0,032	0,040	0,050	0,030	0,035	0,040	0,035	0,042	0,050
Культурные сенокосы	0,050	0,060	0,070	0,045	0,058	0,070	0,040	0,050	0,060	0,050	0,065	0,080
Естественные пастбища	0,100	0,125	—	0,100	0,125	—	0,090	0,110	—	0,110	0,140	—
Улучшенные пастбища	0,150	0,175	0,220	0,150	0,180	0,225	0,135	0,160	0,185	0,160	0,200	0,250
Культурные пастбища	0,200	0,250	0,300	0,200	0,250	0,300	0,175	0,215	0,250	0,225	0,280	0,350

Примечания. 1. К южной части Центрального экономического района отнесены Брянская, Калужская, Орловская и Тульская области. 2. В полосе между 62 и 63° с. ш. «урожайная цена балла» понижается на 10%, а севернее этой полосы — на 20%.

3.7. Ориентировочная оценка (в баллах) качества основных типов земель избыточного увлажнения Нечерноземной зоны РСФСР (по Л. З. Андреевой)

Тип почвы	Культуры и угодья	Окультуренность					
		неосушенных земель			осушаемых земель		
		слабая	средняя	высокая	слабая	средняя	высокая
Дерновые, дерново-карбонатные, дерново-аллювиальные, слабоглееватые, песчаные	1	33	44	52	43	57	67
	2	40	52	61	50	64	71
	3	43	44	52	43	57	67
	4	38	49	57	48	61	74
	5	33	44	52	45	58	66
	6	44	57	66	55	70	76
То же, супесчаные	1	44	54	62	58	70	79
	2	48	58	65	57	68	77
	4	48	58	65	58	70	79
	5	38	49	57	50	62	68
	6	52	62	70	64	73	83
То же, легко- и среднесуглинистые	1	51	62	71	64	78	88
	2	55	67	75	63	76	85
	3	52	63	73	63	76	85
	4	55	67	75	65	78	88
	5	44	56	66	55	69	76
	6	62	74	82	69	83	92
То же, тяжелосуглинистые и глинистые	1	38	49	57	49	63	70
	2	48	58	65	59	72	81
	3	28	38	46	38	51	62
	4	42	52	60	52	65	77
	5	30	41	42	41	55	64
	6	50	61	58	62	75	85
Дерново-подзолистые слабоглееватые, песчаные	1	25	37	46	33	49	62
	2	25	36	44	31	44	54
	3	28	40	48	39	55	66
	4	25	36	43	36	50	63
	5	30	41	48	40	51	61
	6	28	39	47	34	47	58
То же, супесчаные	1	30	44	55	40	59	74
	2	30	43	53	37	53	65
	3	34	48	57	47	66	79
	4	30	43	52	43	60	76
	5	36	49	58	48	61	73
	6	34	46	55	41	56	69
То же, легко- и среднесуглинистые	1	43	52	60	54	70	78
	2	47	60	68	54	70	80
	3	38	49	58	51	65	73
	4	44	56	66	51	67	81
	5	43	56	67	53	68	76
	6	52	66	74	59	76	88
То же, тяжелосуглинистые и глинистые	1	33	46	55	41	57	72
	2	43	56	67	51	67	76
	3	25	39	49	33	50	63
	4	40	54	64	49	65	79
	5	35	47	56	46	61	71
	6	48	69	73	54	73	84

Продолжение

Тип почвы	Культуры и угодья	Окультуренность					
		неосушенных земель			осушаемых земель		
		слабая	средняя	высокая	слабая	средняя	высокая
Серые лесные поверхностно-кратковременного переувлажнения, слабоглееватые, легко- и среднесуглинистые	1	49	60	69	62	80	90
	2	54	69	78	62	80	92
	3	44	56	67	59	75	84
	4	51	64	76	59	77	93
	5	49	64	77	61	78	87
	6	58	74	80	66	83	97
То же, тяжелосуглинистые и глинистые	1	38	53	63	47	65	83
	2	49	64	77	59	77	87
	3	29	45	56	38	58	72
	4	46	62	74	56	75	91
	5	40	54	64	53	70	82
	6	52	69	80	62	80	92
Серые лесные поверхностно-кратковременного переувлажнения, слабоглееватые, супесчаные	1	33	48	60	44	65	81
	2	33	47	58	41	58	71
	3	37	53	63	52	73	87
	4	33	47	57	47	66	84
	5	40	54	64	53	67	80
	6	37	51	60	45	60	75
Темно-серые лесные поверхностно-кратковременного переувлажнения, тяжелосуглинистые и глинистые	1	41	57	67	50	70	89
	2	52	68	82	63	82	93
	3	31	48	60	41	62	77
	4	49	66	79	62	80	95
	5	43	58	68	57	75	88
	6	56	74	86	66	86	98
Дерновые, дерново-аллювиальные, перегнойно-карбонатные и дерново-карбонатные глееватые песчаные	1	25	40	50	43	58	70
	2	29	40	48	39	53	62
	3	30	41	49	47	63	71
	4	32	44	53	44	60	70
	5	34	44	52	49	62	70
	6	28	39	46	37	51	60
То же, супесчаные	1	30	48	60	52	70	84
	2	35	48	58	47	64	74
	3	36	49	59	56	76	85
	4	38	53	64	53	72	84
	5	41	53	62	59	74	84
	6	35	46	55	45	62	72
То же, легко- и среднесуглинистые	1	44	54	62	64	78	88
	2	48	58	65	63	76	85
	3	35	46	59	54	70	81
	4	48	58	65	65	78	88
	5	38	49	57	55	69	76
	6	46	55	62	60	74	82
То же, тяжелосуглинистые и глинистые	1	38	49	57	54	70	78
	2	48	58	65	66	80	90
	3	28	38	45	42	57	69
	4	42	52	59	58	72	85
	5	30	41	49	46	61	71
	6	46	56	63	64	78	88

Продолжение

Тип почвы	Культуры и угодья	Окультуренность					
		неосушенных земель			осушаемых земель		
		слабая	средняя	высокая	слабая	средняя	высокая
Дерново-подзолистые глеватые, песчаные	1	23	33	41	33	49	62
	2	23	32	40	31	44	54
	3	26	37	44	40	56	67
	4	26	36	45	36	50	63
	5	27	37	43	40	51	61
	6	25	35	43	34	47	58
То же, супесчаные	1	30	44	55	44	65	83
	2	30	43	53	41	59	72
	3	34	48	58	52	73	87
	4	35	48	60	48	66	84
	5	36	49	58	53	68	81
	6	35	47	58	45	64	78
То же, легко- и среднесуглинистые	1	37	45	52	54	70	78
	2	41	52	59	54	70	80
	3	33	43	50	51	65	73
	4	38	49	57	51	67	81
	5	37	49	58	53	68	76
	6	45	57	64	59	76	86
То же, тяжелосуглинистые и глинистые	1	29	40	48	41	57	72
	2	37	49	58	51	67	76
	3	22	34	43	33	50	63
	4	35	47	56	49	65	79
	5	30	41	49	46	61	71
	6	41	44	62	55	72	82
Серые лесные глееватые супесчаные	1	36	53	66	53	78	98
	2	36	52	64	49	71	86
	3	41	58	70	62	88	100
	4	42	58	72	58	79	100
	5	43	59	70	64	82	97
	6	42	56	70	54	77	94
То же, легко- и среднесуглинистые	1	44	54	62	65	84	94
	2	49	62	71	65	84	96
	3	40	52	60	61	78	88
	4	46	59	68	61	80	97
	5	44	59	70	64	82	91
	6	54	68	77	71	91	100
То же, тяжелосуглинистые и глинистые	1	35	48	57	49	68	86
	2	44	59	70	61	80	91
	3	26	41	52	40	60	76
	4	42	56	67	59	78	95
	5	36	49	59	55	73	85
	6	49	53	74	66	86	98
Темно-серые лесные глеватые, тяжелосуглинистые и глинистые	1	37	51	61	52	73	92
	2	47	63	75	65	86	97
	3	28	44	56	43	64	81
	4	45	60	72	63	83	100
	5	38	52	63	59	78	91
	6	52	57	79	71	92	100

Продолжение

Тип почвы	Культуры и угодья	Окультуренность					
		неосушенных земель			осушаемых земель		
		слабая	средняя	высокая	слабая	средняя	высокая
Дерновые, дерново-аллювиальные, перегнойно-карбонатные и дерново-карбонатные глеевые, песчаные	1	20	25	29	39	50	57
	2	26	32	36	41	53	63
	3	20	25	29	40	52	58
	4	25	31	36	42	53	62
	5	16	21	25	30	40	48
	6	24	30	34	39	50	60
То же, супесчаные	1	26	32	37	50	64	74
	2	33	41	47	58	68	81
	3	23	29	34	48	62	75
	4	32	40	46	54	68	79
	5	21	27	32	39	51	62
	6	31	39	45	50	63	75
То же, легко- и среднесуглинистые	1	32	40	46	62	78	90
	2	41	49	54	70	84	93
	3	25	32	37	53	68	82
	4	38	50	59	66	84	96
	5	25	33	39	47	63	76
	6	39	46	51	67	79	90
То же, тяжелосуглинистые и глинистые	1	28	33	37	54	65	74
	2	37	45	51	58	71	84
	3	17	24	29	33	47	63
	4	32	40	46	57	76	90
	5	20	27	32	39	53	65
	6	35	42	47	55	67	79
Дерново-подзолистые, глеевые, песчаные	1	15	22	27	31	42	55
	2	15	24	31	26	43	50
	3	15	21	26	32	45	56
	4	16	25	32	28	44	59
	5	16	23	29	32	45	57
	6	15	25	32	29	44	52
То же, супесчаные	1	19	26	31	37	52	67
	2	19	30	37	32	52	60
	3	19	25	30	40	55	68
	4	20	31	38	34	54	72
	5	20	28	34	38	55	69
	6	20	31	38	34	53	60
То же, легко- и среднесуглинистые	1	26	31	35	51	62	74
	2	30	37	42	51	64	77
	3	21	28	33	44	60	70
	4	26	35	42	44	59	77
	5	28	35	41	51	64	78
	6	32	40	46	55	68	80
То же, тяжелосуглинистые и глинистые	1	18	25	31	35	50	63
	2	25	37	46	41	59	74
	3	13	20	25	25	38	55
	4	25	35	42	44	62	80
	5	18	25	31	37	51	64
	6	27	40	48	45	63	79

Продолжение

Тип почвы	Культуры и угодья	Окультуренность					
		неосушенных земель			осушаемых земель		
		слабая	средняя	высокая	слабая	средняя	высокая
Серые лесные и бурые лесные глеевые, легко- и среднесуглинистые	1	31	37	42	61	74	89
	2	36	44	50	61	77	92
	3	25	34	40	53	72	84
	4	31	42	50	53	71	92
	5	34	42	49	61	77	94
	6	38	48	55	66	82	96
То же, тяжелосуглинистые и глинистые	1	22	30	37	42	60	76
	2	30	44	55	49	71	89
	3	16	24	30	30	46	66
	4	30	42	50	53	74	96
	5	22	30	37	44	61	77
	6	32	48	57	54	76	95
Торфянисто-дерново-глеевые	1	20	27	32	44	58	72
	2	26	37	45	48	69	88
	3	18	25	30	42	58	72
	4	25	35	42	46	65	84
	5	18	25	30	38	52	64
	6	18	26	32	34	48	62
Торфяно-дерново-глеевые	1	12	16	19	48	63	75
	2	16	22	27	51	67	80
	3	11	15	18	39	53	68
	4	15	21	26	63	76	90
	5	12	16	19	41	54	64
	6	11	16	20	36	47	56
Торфянисто-подзолистые глееватые и глеевые	1	20	27	32	40	53	65
	2	26	37	44	44	63	80
	3	18	25	30	38	53	65
	4	25	35	42	42	59	76
	5	20	27	32	38	53	65
	6	20	28	33	33	47	60
Торфяно-подзолистые глеевые	1	12	16	20	43	57	68
	2	16	22	27	46	60	72
	3	11	15	18	35	48	61
	4	15	21	26	57	68	81
	5	12	16	20	41	54	63
	6	11	16	20	32	42	50
Торфяно-перегнойные и перегнойные низинных болот	1	—	—	—	57	72	86
	2	—	—	—	63	75	96
	3	—	—	—	53	68	78
	4	—	—	—	65	79	98
	5	—	—	—	40	50	60
	6	—	—	—	44	53	67
Торфяно-перегнойные переходных болот	1	—	—	—	47	61	72
	2	—	—	—	51	66	78
	4	—	—	—	47	58	70
	4	—	—	—	53	70	85
	5	—	—	—	33	43	50
	6	—	—	—	36	46	55

Примечания. I. Культуры и угодья: 1 — зерновые, однолетние травы и силосные; 2 — многолетние травы и сенокосы; 3 — картофель и корнеплоды; 4 — капуста; 5 — лен; 6 — пастбище. II. Оценка осушенных земель дана при условии осушения закрытым дренажем. При осушении открытой сетью минеральных земель легкого механического состава прирост оценки от осушения уменьшается на 25%, тяжелого механического состава — на 15%. Кроме того, учитывается контурность угодий, осушенных открытыми каналами.

3.8. Влияние каменистости почвы на оценку пахотных земель мелиоративного фонда

Степень закамненности	Количество камня в поверхностном 30-сантиметровом слое, м³/га	Снижение балльной оценки земель, %
Очень сильная	Более 100	20
Сильная	51...100	14...19
Средняя	21...50	8...13
Слабая	5...20	2...7

3.9. Снижение бальной оценки земель (%) в зависимости от площади участка

Площадь участка, га	Зерновые, однолетние травы и силосные	Картофель и овощи	Многолетние травы
Очень мелкие (до 0,5)	10	7	5
Мелкие (от 0,5 до 1,5)	7	5	3
Средние (от 1,5 до 3,0)	5	3	—

3.10. Снижение продуктивности лугопастбищных угодий в зависимости от их закустаренности и закамненности

Степень	Сенокосы	Пастбища
Закустаренность (%):		
слабая (до 30)	15...25	5...10
средняя (30...60)	26...50	11...30
сильная (более 60)	51...80	31...50
Закамненность (м³/га):		
слабая (до 10)	5	—
средняя (10...30)	10	—
сильная (31...60)	15	10
очень сильная (более 60)	25	15

3.2. ПРИНЦИПЫ И ОПЫТ МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Мелиоративное районирование — районирование земель по комплексу природных факторов, определяющих потребности в мелиорациях и возможности их осуществления. Его проводят с целью анализа природно-хозяйственных условий переувлажненных территорий и получения необходимой информации для выбора принципиальной схемы осушения, расчетов осушительной сети и прогнозов влияния осушения на окружающую среду.

Мелиоративное районирование позволяет решить следующие задачи: оценить состояние изученности природных условий территорий; выделить площади, нуждающиеся в мелиорации; получить площадные характеристики факторов переувлажнения; провести типизацию природных условий переувлажненных земель применительно к условиям мелиорации и хозяйственного освоения территорий.

При районировании выделяют мелиоративные районы разной крупности (зона, область и пр.). Под этими районами понимаются замкнутые части географического пространства, для которых характерны однотипность природных условий и соответствующих им мелиоративных мероприятий.

Поскольку на переувлажнение земель влияют многие факторы, мелиоративное районирование, как правило, многоступенчатое: выделяют таксономические единицы разной крупности на картах (планах) разного масштаба.

Предложены следующие методики районирования, учитывающие природные условия и другие факторы в различной последовательности:

Автор, год	Последовательность учета природных и других факторов при районировании
А. Н. Костяков, 1925	Потребность района в мелиорациях и возможности их осуществления, климатические и гидрологические условия, экономические факторы
Г. И. Тарасов, 1928	Экономика земледелия, потребность в мелиорации, почвенно-климатические и гидрологические условия
Е. Ф. Левина, 1950	Физико-географические и гидрологические условия
Н. С. Губарь, И. М. Кривоносов, 1957	Климат, геология, потребность в мелиорациях
М. А. Левиус, 1958	Почвы, растительность, геолого-литологический состав пород, геоморфология, гидрогеология, условия водного питания и заболачивания
Ф. Р. Зайдельман, 1959	Почвы и литология, причины заболачивания, плодородие почв и методы освоения
Я. К. Лауранд, 1960	Физико-географические условия местности
С. Л. Миркин, 1960	Климат, почвы и хозяйственные условия, рельеф, гидрология, литология, растительность
Б. С. Маслов, 1961	Тип водного питания, состояние водоприемника, направление сельскохозяйственного использования
А. Д. Панадиади. 1963	Климат, геоморфология, рельеф, гидрогеология, литология, почвы, растительность, организационно-хозяйственные условия, элементы водного баланса
Л. Зеленка, 1966	Климат, почвы, рельеф, геологические условия, тип водного питания, вид осушения
Э. Р. Чебан, 1966	Геоморфология, тип водного питания, состав мелиоративных мероприятий
А. Ф. Биркая, Л. Г. Смирнова, 1967	Гидрография, гидрология, климат и хозяйственные условия освоения земель, геоморфология и рельеф, состояние водоприемника, гидрологические условия, почвы
Д. М. Кац, Б. С. Маслов, 1967	Климат, геоморфология (степень естественной дренированности), гидрогеологические условия и геологическое строение (характер связи и соотношение верхних водоносных горизонтов), литология, почвы, минерализация грунтовых вод и засоленность
А. В. Смирнов, 1967	Направление сельскохозяйственного производства, природные условия (климат, почвы)
И. П. Чалая, А. М. Шульгин, 1968	Почвенно-климатические, геолого-геоморфологические, гидрологические, гидрогеологические и гидрографические условия, рельеф, запросы народного хозяйства
В. Г. Ткачук, И. А. Молодых, 1972	Физико-географические, геологические и инженерно-геологические показатели
В. И. Сомова, 1978	Почвенно-климатические, геолого-геоморфологические, гидрогеологические условия
И. М. Нестеренко, 1979	Климат (теплообеспеченность, осадки и др.), геоморфологические и почвенно-геологические условия

Однако не все предложенные методики реализованы на конкретных объектах.

Методика Д. М. Каца и Б. С. Маслова апробирована при районировании территорий Литовской ССР, Эстонской ССР, ряда областей Белорусской ССР, Украинской ССР, отдельных объектов Читинской области, Нечерноземной зоны РСФСР.

Таксономическая схема этой методики приведена в таблице 3.11.

При выделении таксономических единиц используют следующие количественные показатели: провинция — коэффициент увлажненности территории;

3.11. Таксономическая схема мелиоративного районирования переувлажненных земель (по Д. М. Кацу, Б. С. Маслову)

Индекс	Единица районирования	Показатели районирования		Масштаб карт для выделения таксономических единиц	Составляющие мелиоративного комплекса, определяемые таксономическими единицами
		основные	дополнительные		
I	Провинция	Климат	Ландшафт	1:6 000 000—1:1 000 000	Общая потребность в мелиорациях, их характер оптимальный режим
A	Зона	Геоморфологические условия (степень естественной дренированности)	Гидрологические и гидрогеологические условия	1:400 000—1:25 000	Принципиальная схема мелиорации
1	Область	Характер связи грунтовых вод с нижележащими водоносными горизонтами	Геологическое строение	1:400 000—1:25 000	Метод осушения
1′	Подобласть	Соотношение уровней грунтовых и напорных вод	То же	1:400 000—1:25 000	То же
а	Район	Литология покровных отложений и почва	Литология подстилающих отложений	1:400 000—1:25 000	Способы осушения и хозяйственное использование территории
а′	Подрайон	Минерализация грунтовых вод	Почвы и их засоленность	1:200 000—1:25 000	То же, критический режим грунтовых вод
α	Участок	Типы водного питания (элементы водного баланса)	То же	1:50 000—1:5 000	Параметры осушительной сети

зона — глубина вреза речной сети, уклоны поверхности земли, глубина залегания грунтовых вод; область — показатели взаимосвязи между пьезометрическими уровнями напорного горизонта и уровнем грунтовых вод; подобласть — величина и знак напоров, обусловливающих перетекание воды в комплексах грунтово-напорных вод; район — степень однородности верхней толщи покровных отложений и их состав; подрайон — минерализация грунтовых вод; участок — коэффициент фильтрации.

Для составления карты мелиоративного районирования разрабатывают вспомогательные карты: климатическую, геоморфологическую, литолого-почвенную, глубин залегания, гидроизогипс и минерализации грунтовых вод, изопьез и водопроводимости первого напорного горизонта, элементов водного баланса.

В качестве примера на рисунке 3.1 приведена схема районирования Литовской ССР (С. С. Эйтманавичюс), выполненная по изложенной методике.

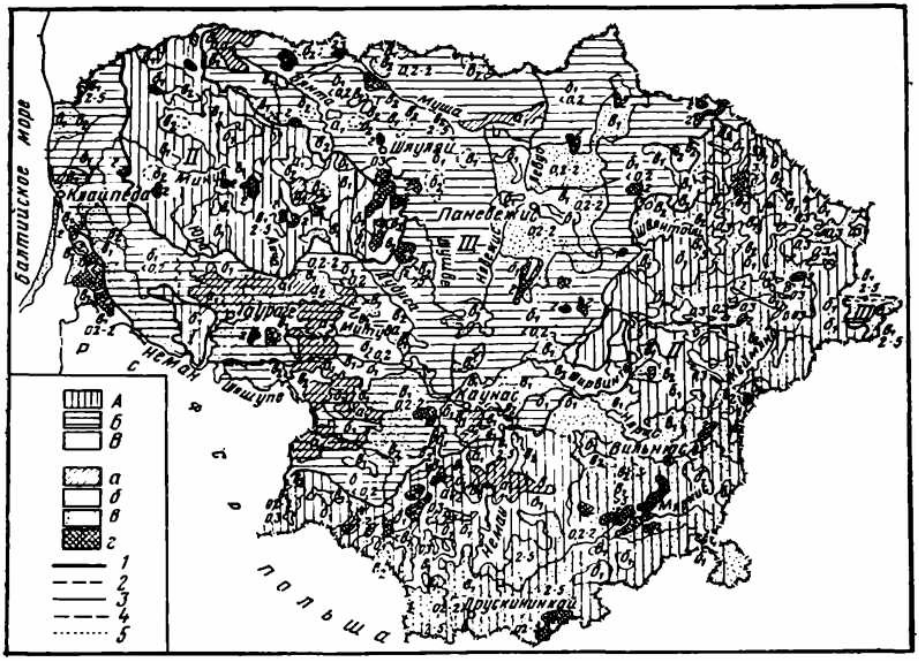


Рис. 3.1. Схема гидрогеолого-мелиоративного районирования Литовской ССР: *А* — интенсивно дренированная зона; *Б* — слабодренированная; *В* — бессточная зона; *I* — область отсутствия питания грунтовых вод напорными; *II* — область возможного локального питания грунтовых вод напорными; *III* — область возможного регионального питания грунтовых вод напорными; *а, б, в* и *г* — районы распространения соответственно глинистых, суглинисто-супесчаных, песчаных и торфяных отложений; $а_1$, $б_1$, $в_1$, $г_1$ — подрайон с однородной трехметровой толщей; $а_2$, $б_2$, $в_2$, $г_2$ — подрайон с неоднородной трехметровой толщей; *1, 2, 3, 4* и *5* — граница между соответственно зонами, областями, районами, подрайонами и участками; 0,2; 0,2...2; 2...5; 5 — коэффициент фильтрации, м/сут.

Принципы методики Д. М. Каца и Б. С. Маслова положены в основу природно-мелиоративного районирования Нечерноземной зоны РСФСР. Трехступенчатая таксономическая схема природно-мелиоративного районирования Нечерноземной зоны РСФСР с основными и дополнительными показателями приведена в таблице 3.12.

Природно-мелиоративные подзоны характеризуются определенными почвенно-климатическими, почвенно-растительными, гидрологическими и агрогидрологическими условиями, связанными с балансом тепла и влаги, определяющих генезис почв, характер увлажнения, специфику сельскохозяйственного производства, общую потребность территории в мелиорациях и зональные мелиоративные мероприятия.

Природно-мелиоративные провинции — части подзоны, приуроченные к определенным типам морфологических структур, характеризующихся относительной однородностью геологических и геоморфологических условий, своеобразием почвенного покрова и циркуляции атмосферы, с которой связаны типы годового атмосферного увлажнения. Эти факторы определяют режим увлажнения территории и обусловливают относительную морфологическую однородность водных объектов, выполняющих роль естественных дрен для поверхностных и грунтовых вод. Провинции характеризуются относительно сходными гидродинамическими условиями формирования и направленности стока грунтовых вод зоны активного водообмена, связанного в основном с литолого-геоморфологическими условиями и дренирующим воздействием гидрографической сети. Границами между отдельными провинциями служат

3.12. Таксономическая схема природно-мелиоративного районирования Нечерноземной зоны РСФСР (по Е. П. Панову, Р. А. Филенко и Н. И. Ильиных)

Единица районирования	Показатель районирования		Составляющие мелиоративного комплекса, определяемые таксономическими единицами
	основной	дополнительный	
Подзона	Климатические и гидрологические условия (тепло- и влагообеспеченность)	Ландшафт и организационно-хозяйственные условия	Общая потребность в мелиорациях и их характер
Провинция	Геоморфологические и гидрогеологические условия (степень естественной дренированности, тип водного питания земель)	Климатогидрологические и почвенно-литологические условия	Принципиальная схема и метод мелиорации
Район	Почвенные и литологические условия (механический состав почв, литология покровных отложений)	Геоморфологические и агрогидрологические условия	Способ мелиорации (состав мелиоративных мероприятий)

геоморфологические рубежи, обусловленные тектоническими нарушениями земной поверхности, влиянием процессов четвертичного оледенения, структурно-денудационного рельефа и др.

Природно-мелиоративные районы отражают дифференциацию литолого-геоморфологических, почвенных и агрогидрологических условий, связанных с внутренней неоднородностью природных факторов в провинциях. Агрогидрологические условия при этом отражают закономерности формирования почвенной влаги в зависимости от метеорологических факторов и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. Каждый район характеризуется преобладанием (либо определенным сочетанием) генетически однородных видов и разновидностей почв, сходство их водно-физических свойств и динамики продуктивной влаги во времени. Почвенно-гидрологические особенности района определяются однородностью геолого-геоморфологического строения (типов и форм рельефа), относительной однородностью литологического состава пород, предопределяющих условия формирования и циркуляции поверхностных и грунтовых вод, глубину залегания грунтовых вод и тип водного питания почв.

Глава 4. РЕЖИМЫ ОСУШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ

4.1. ТРЕБОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К РЕЖИМУ ОСУШЕНИЯ

Требования сельскохозяйственных культур к водно-воздушному и тепловому режимам — оптимальные показатели уровня грунтовых вод влажности и температуры почвы, обеспечивающие необходимые условия для роста и развития растений. Они оцениваются пределами оптимальной влажности (табл. 4.1 и 4.2) и содержанием воздуха в корнеобитаемом слое почвы, диапазоном оптимальной температуры (табл. 4.3) в корнеобитаемом слое почвы, интервалами оптимального колебания уровней грунтовых вод (верховодки) в вегетационный период.

Характер распространения корневой системы основных сельскохозяйственных культур на торфяных почвах, по данным Д. Г. Головко, показан в таблицах 4.4 и 4.5, а на пойменых минеральных почвах, по данным З. В. Лисютиной, — в таблице 4.6.

Содержание воздуха, требуемого для нормального роста и развития растений и обеспечения надежного газообмена между почвой и атмосферой, должно быть для многолетних трав не менее 15...20%, зерновых культур — 20...30%, овощных культур, картофеля и корнеплодов — 30...40% общей порозности.

Благоприятные условия воздушного режима обеспечиваются при суммарном содержании кислорода и углекислого газа в почвенном воздухе корнеобитаемого слоя около 20...21% объема воздуха. Если углекислого газа содержится 2...3%, кислорода должно быть не менее 15% (рис. 4.1).

4.1. Пределы оптимальной влажности (% полной влагоемкости) осушаемых почв в вегетационный период сельскохозяйственных культур (по данным БелНИИМиВХ)

Культуры и угодья	В слое 0...30 см				В слое 30...50 см			
	нижний предел		верхний предел		нижний предел		верхний предел	
	торфяные	минеральные	торфяные	минеральные	торфяные	минеральные	торфяные	минеральные
Многолетние травы, пастбища	60	70	75	80	65	75	80	85
Яровые зерновые:								
от всходов до колошения	60	50	70	60	65	55	75	65
от колошения до молочной спелости	55	40	70	60	60	45	75	65
Капуста	60	50	70	60	65	55	80	70
Картофель, свекла столовая, морковь	55	60	70	70	60	65	75	80

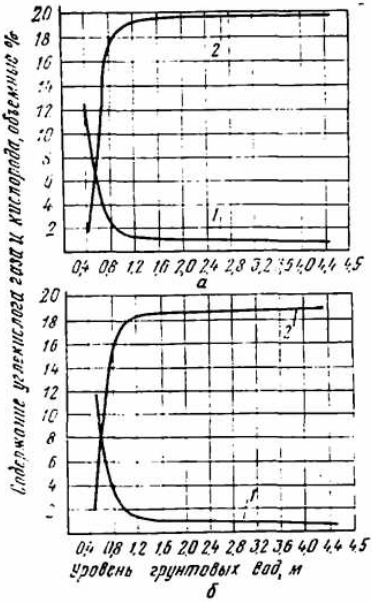


Рис. 4.1. Влияние уровня грунтовых вод на содержание в почвенном воздухе кислорода и углекислого газа:
а и б — на глубине 20 и 35 см; *1* — углекислый газ; *2* — кислород.

1.2. Пределы оптимальной влажности (% полной влагоемкости) в 30-сантиметровом слое торфяных почв Полесья и Лесостепной зоны УССР (по данным УкрНИИГиМ)

Культуры и угодья	Оптимальная за вегетационный период	Минимально допустимая
Яровые и озимые зерновые, лен	70	60
Кукуруза, подсолнечник на силос	60...70	55
Столовая свекла, морковь, кормовые корнеплоды, сахарная свекла, поздняя капуста	70..75	60
Конопля	60...65	50
Лук, картофель	65...70	55
Многолетние травы	75...80	60
Культурные пастбища	70...80	60

Водный и тепловой режимы осушаемых земель на объектах мелиорации устанавливают водно- и теплобалансовым расчетом (по данным не менее чем за 20...25 лет) по декадам вегетационного периода.

Для расчетов используют материалы наблюдений метеостанций и почвенно-мелиоративных изысканий, а также экспериментальные данные зональных научно-исследовательских институтов и опытно-мелиоративных и сельскохозяйственных станций.

4.2. НОРМЫ ОСУШЕНИЯ

Нормы осушения — оптимальная для хозяйственного использования осушаемых земель глубина стояния грунтовых вод. Она изменяется во времени по фазам развития сельскохозяйственных культур.

Различают предпосевные (период начала обработки почвы), посевные, средние за вегетационный период и другие нормы осушения.

Предпосевные нормы осушения определяются условиями проведения механизированных сельскохозяйственных работ. Минимальные предпосевные нормы в зависимости от применяемых тракторов на минеральных почвах под все культуры 30...50 см, на торфяных почвах 40...50 см при использовании земель под зерновые культуры и травы и 50...60 под овощные культуры.

Нормы осушения принимают в соответствии с требованиями СНиП 52—74 (табл. 4.7).

Для условий Белорусского Полесья нормы осушения для разных почв, по данным А. И. Ивицкого, приведены в таблицах 4.8 и 4.9.

4.3. Оптимальная температура (° С) почвы для сельскохозяйственных культур (по обобщенным данным)

Культуры	Минимальная температура почвы в начальной фазе развития	Оптимальная температура почвы	
		до формирования урожая	в период формирования урожая
Овощные:			
капуста	2...3	11...18	13...19
огурцы	13...15	15...22	18...25
морковь	4...5	12...17	18...21
лук	2...3	12...20	20...26
Технические:			
лен	5...6	12...17	13...18
конопля	1...2	10...14	18...20
картофель	7...9	11...13	12...19
Кормовые:			
кукуруза	7...10	18...26	27...30
подсолнечник	2...5	15...18	18...22
свекла	5...6	12...15	15...23
клевер	2...3	10...14	14...16
тимофеевка луговая	2...5	6...12	18...24
кострец безостый	4...5	10...12	18...22
овсяница луговая	2...3	14...16	15...18
Зерновые и зернобобовые:			
озимая рожь	2...3	6...12	13...17
озимая пшеница	2...3	10...14	14...19
яровая пшеница	1...2	12...20	13...18
ячмень	1...2	15...17	14...20
овес	1...2	12...16	16...20
горох	1...2	16...20	18...24

4.4. Распределение массы (%) корней сельскохозяйственных культур в торфяных почвах

Культура	Слой почвы, см							
	0...10	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...70	70...80
Картофель	27	50	15	4	2	1	1	—
Кормовая свекла	50	19	16	10	3	1	1	—
Яровая пшеница	52	17	17	6	4	3	1	—
Тимофеевка	91	4	2	2	1	—	—	—
Кострец безостый	57	13	8	6	6	4	4	2

4.5. Распределение массы (%) корней картофеля в торфяных почвах

Слой почвы, см	Уровень грунтовых вод, см			Слой почвы, см	Уровень грунтовых вод, см		
	206	117	100		206	117	100
0...10	22	35	28	50...60	5	4	2
10...20	29	27	44	60...70	3	—	—
20...30	19	16	13	70...80	2	—	—
30...40	13	9	8	0...80	100	100	100
40...50	7	9	5				

4.6. Распределение массы (%) корней сельскохозяйственных культур на пойменных минеральных почвах

Овощные культуры	Число суток от посадки					
	до 15	15...30	30...45	45...60	60...75	75...90
Капуста	10...15	15...20	20...25	25...30	30...35	35...40
Помидоры	10...15	15...20	20...30	30...40	40...50	40...50
Огурцы	До 5	5...10	10...15	15...20	20...25	25...30
Свекла	» 5	5...10	10...15	15...20	20...30	30...35
Морковь	» 5	5...10	10...15	15...20	20...25	20...25
Картофель	» 5	10...15	15...20	20...30	35...40	35...45

4.7. Средние нормы осушения (см)

Культуры	Первый месяц вегетации	Весь период вегетации
Зерновые:		
яровые	70...80	70...90
озимые	70...80	70...90
Конопля	70...85	85...105
Картофель, сахарная и кормовая свекла	85...100	90...100
Овощи, подсолнечник, кукуруза на силос	70...80	80...100
Травы:		
на сено	50...60	60...75
на выпас	65...70	70...80

Примечание. Меньшие нормы осушения применяют на песчаных и супесчаных почвах, большие — на связных минеральных и торфяных почвах.

4.8. Нормы осушения (см) низиных торфяных почв Белорусского Полесья

Культуры	Средние за апрель	Оптимальные в вегетационный период	
		на болотах с торфом любой глубины с неустойчивым водным режимом	на окультуренных болотах с торфом глубиной более 80 см и устойчивым водным режимом
Луговые травы:			
клеверо-злаковая травосмесь на сено	35...40	60...70	80...85
культурные пастбища	50...60	70...80	85...95
Зерновые:			
овес	50	70...80	90...100
озимые зерновые, ячмень и яровая пшеница	60	80...90	100...110
Пропашные и овощные культуры:			
картофель, сахарная свекла, кукуруза, подсолнечник, огурцы, кормовые корнеплоды, капуста, морковь, табак, технические (конопля)	60...70	90...110	110...130

Примечание. На системах двухстороннего действия большие нормы осушения из указанных пределов принимают во влажные, меньшие — в средние по влажности годы, в сухие годы меньшее значение из пределов уменьшают на 10...15%.

4.9. Средние за вегетационный период нормы осушения (см) различных почв Белорусского Полесья

Культуры	Торфяные низинные	Минеральные		
		песчаные и супесчаные	суглинистые	глинистые
Однолетние травы, вико-овсяная смесь (на сено), лен	50...60	45...50	50...60	50...55
Многолетние травы:				
на сено	70...80	50...60	60...75	55...65
пастбища	80...90	60...70	75...90	80...85
Зерновые	70...90	55...65	65...90	75...80
Овощные	75...100	60...75	80...100	75...90
Корне- и клубнеплоды	80...100	60...80	75...100	80...90
Конопля, подсолнечник, хмель	80...100	75...80	80...100	85...95

Оптимальный уровень (м) грунтовых вод, при котором создается требуемая влажность почвы на данный период:

$$H = \frac{Bh + Cm + \sqrt{(Bh + Cm)^2 + (2C - Bh^2)(B - Cm^2)}}{B - Cm^2}, \qquad (4.1)$$

где

$$B = 2A_1 \sqrt[4]{\frac{\Sigma D + 1}{\Sigma N + 1}}, \qquad (4.2)$$

$$C = 1 - \frac{W}{100}, \qquad (4.3)$$

W — оптимальная влажность почвы, % полной влагоемкости; h — глубина от поверхности почвы до точки, для которой дана оптимальная влажность почвы (м); $A_1 = 1{,}1...1{,}2$ для низинных торфяных почв безнапорного грунтового питания; ΣD и ΣN — суммы соответственно дефицита влажности воздуха и атмосферных осадков за последние 15 сут, предшествующих дате, на которую рассчитывают оптимальный уровень грунтовых вод при заданной влажности почвы, или же за промежуток от начала предпосевного периода до указанной даты, если рассчитывают средние уровни за этот период по данной средней влажности почвы за тот же период; $m = 1{,}5$ для $0 < H \leqslant 0{,}5$ м; $m = 1{,}6$ для $0{,}5 < H \leqslant 1{,}0$ м; $m = 1{,}7$ для $1{,}0 < H \leqslant 1{,}5$.

Для условий Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР нормы осушения земель, по данным Е. П. Панова и К. Н. Шишкова, приведены в таблице 4.10.

4.10. Нормы осушения (см) торфяных и минеральных почв

Период	Торфяные почвы			Минеральные почвы (суглинистые и глинистые)	
	овощные и технические культуры	зерновые культуры	многолетние травы	овощные, технические и зерновые культуры	многолетние травы
Посевной	65...75	60...70	50...60	70...80	60...70
Вегетационный	100...130	80...110	65...85	100...130	80...100

4.11. Нормы осушения (см) торфяных почв

Культуры	Посевная	Вегетационная	
		оптимальная	максимальная
Яровые зерновые, лен	60...65	70...75	100
Озимые зерновые	50...55	70...75	100
Кукуруза и подсолнечник на силос	60...70	80...90	110
Столовая свекла и морковь	60...65	75...80	100
Кормовые корнеплоды, сахарная свекла			
Конопля	50...65	80...100	130
Поздняя капуста	60...65	75...80	90
Лук, картофель	60...70	80...90	110
Многолетние травы:			
на сено	50...55	60...70	90
культурные пастбища	50...55	75...80	100

4.12. Минимально допустимые нормы осушения (см) на минеральных почвах

Культура	Глинистые и тяжелосуглинистые	Средне- и легкосуглинистые	Супесчаные	Песчаные	Торфяные низинные
Овощи и корнеплоды	30	60	50	45	60
Зерновые	30	40	35	30	50
Многолетние травы:					
пастбища	30	40	35	30	50
на сено	30	40	35	30	40

Для условий Полесья и Лесостепной зоны УССР нормы осушения разработаны УкрНИИГиМ (табл. 4.11).

Для Северо-Западного района Нечерноземной зоны РСФСР минимально допустимые нормы осушения разработаны СевНИИГиМ (табл. 4.12).

Средневегетационные нормы осушения торфяных почв при использовании их под луга приведены, по данным Б. С. Маслова, на рисунке 4.2.

Потери урожая от кратковременных (на 2...3 сут) подъемов уровня грунтовых вод на глубину 0,5 м от поверхности земли принимают в расчетах равной 10...20%, на глубину 0,6 м — 8...14% и 0,7 м — 5...10%. Расчетные показатели влияния времени затопления на продуктивность лугов при отсутствии материалов исследований определяют по данным ВНИИГиМ (табл. 4.13).

4.13. Влияние времени затопления на продуктивность пойменных лугов (%)

Тип луга	Способ улучшения лугов	Время затопления, сут			
		0	10	20	30
Мелкоразнотравный, на гриве	Омоложение	100	—61	—2	—19
	Ускоренное залужение	100	—41	—11	—20
	Естественное состояние	100	—55	+16	—9
Ползучеразнотравный с бекманией, в лощине	Омоложение	100	—5	+5	+30
	Ускоренное залужение	100	—17	—7	+9
	Естественное состояние	100	—29	—16	+35
Канареечниковый с осокой, в лощине	Омоложение	100	—22	—45	+22
	Ускоренное залужение	100	—18	—18	+40
	Естественное состояние	100	—21	—35	+23

Примечание. Знак (+) — увеличение, (—) — уменьшение.

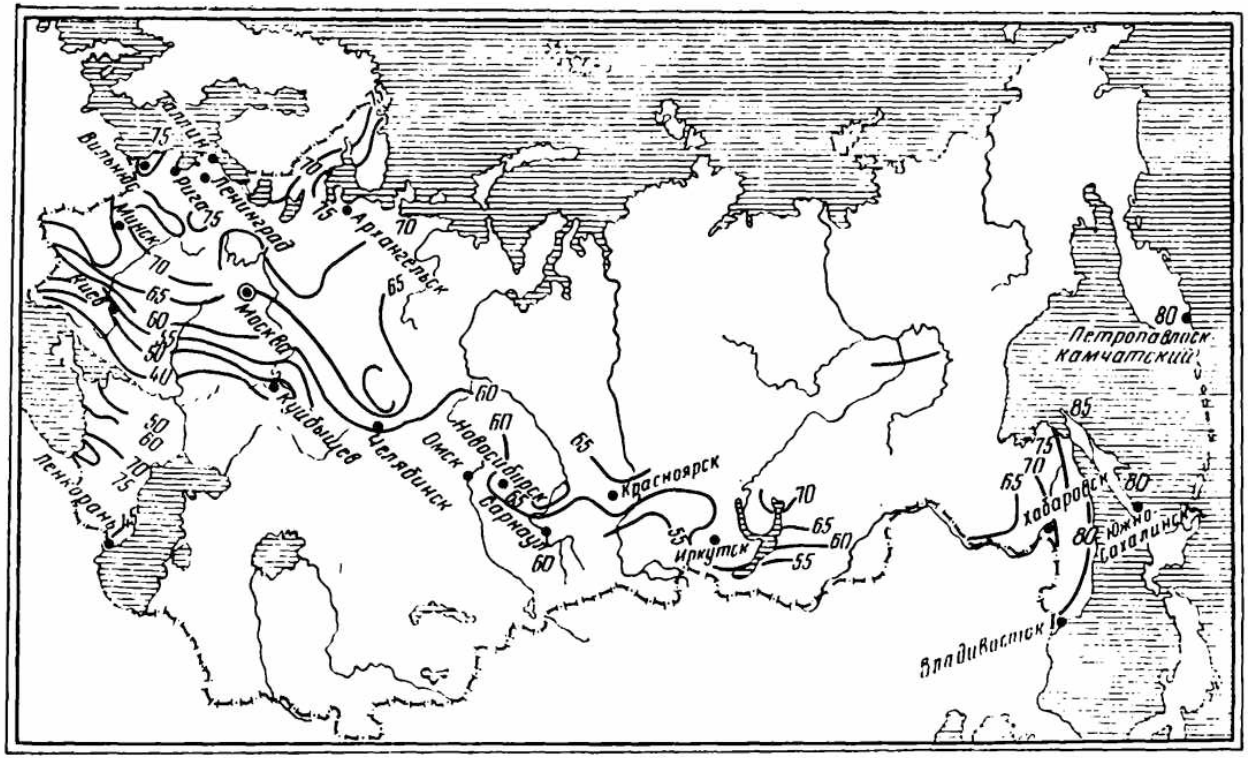


Рис. 4.2. Карта изолиний средневегетационных норм осушения (см) торфяных почв при использовании их под луга.

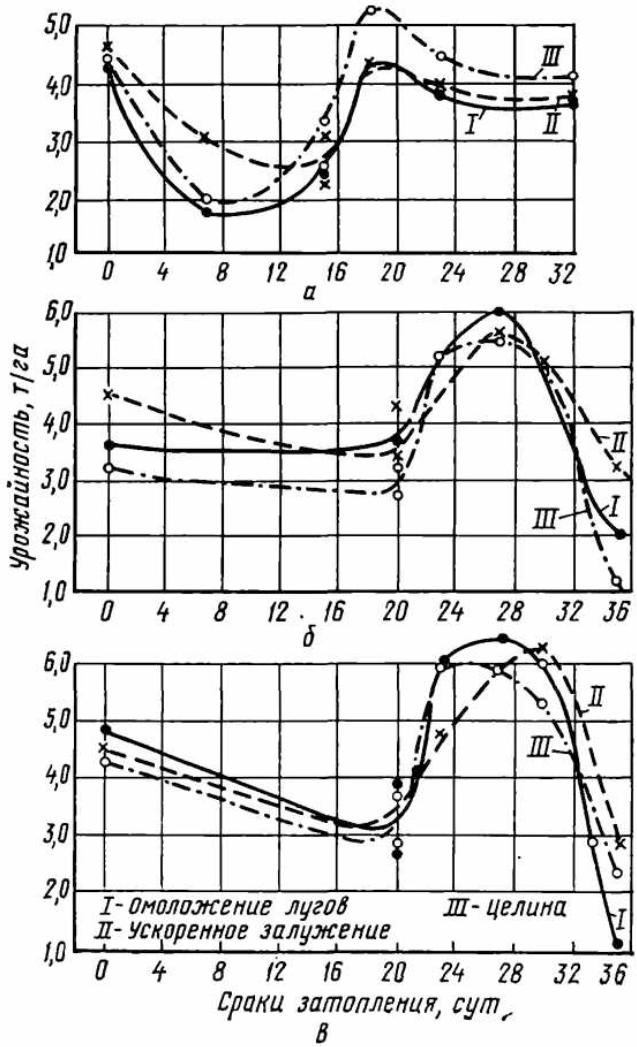


Рис. 4.3. Зависимость урожайности трав в пойме от сроков затопления для лугов разного типа:

а — мелкоразнотравный луг на гриве; *б* — ползучеразнотравный луг с бескамнем в лощине; *в* — канареечниковый луг с осокой в лощине; *I* — омоложение лугов; *II* — ускорение залужения; *III* — естественное состояние.

Влияние затопления на урожайность трав показано на рисунке 4.3. Затопление весенними застойными водами посевов озимой пшеницы в течение 3 сут снижает урожай на 20...40%, 3...6 сут — 30...90%, 7 сут и более — на 80...100%; при слое воды весеннего паводка 7 см погибает 27% растений, а урожай снижается на 54%, слое 11 см — соответственно на 75% и 71%.

Подтопление корневой системы капусты в период формирования кочана в течение 2 сут снижает урожай на 19%, 5 сут — на 66% и 7 сут — на 74%. При подтоплении капусты в стадии завязывания кочана до половины корневой системы в течение 2 сут урожай уменьшается на 7%, 5 сут — на 25% и 7 сут — на 40%, а до корневой шейки соответственно на 9, 38 и 90%.

4.3. ДОПУСТИМЫЕ СРОКИ ОТВОДА ИЗБЫТОЧНЫХ ВОД

Пойменные земли, затапливаемые водами весенних половодий, используют в основном под многолетние травы, которые подбирают в зависимости от режима затопления поймы (табл. 4.14).

4.14. Допустимые сроки весеннего затопления многолетних трав (по О. В. Хитрово)

Виды трав	Сумма температур полой воды, °С	Период затопления весной, сут
Двукисточник тростниковый, манник обыкновенный, полевица белая	140...160	30...40
Мятлик болотный	120...140	25...30
Лисохвост луговой, лисохвост вздутый, кострец безостый, пырей ползучий	90...100	18...25
Тимофеевка, овсяница луговая, мятлик луговой, чина луговая, мышиный горошек, клевер ползучий	70...80	12...17
Овсяница красная, клевер луговой, люцерна синяя, эспарцет кормовой	20...40	5...10

Для условий Белорусского Полесья допустимые суммы среднесуточных температур воды половодья в пойме р. Припяти после даты перехода ее весной через 6 °С, по данным В. М. Московченко, Ю. М. Корчоха, составляют:

Виды трав	Сумма температур воды, °С
Лисохвост луговой, овсяница луговая, люцерна желтая, люцерна синегибридная . . .	$\leqslant 130$
Клевер гибридный, лядвенец рогатый, ежа сборная	$\leqslant 360$
Кострец безостый, тимофеевка луговая, мятлик болотный, лисохвост луговой, полевица белая	$\leqslant 540$
Двукисточник тростниковый, бекмания обыкновенная	$\leqslant 1\,000$
Манник наплывающий	1 000...1 500

Продолжительность отвода поверхностных вод с осушаемых земель в ранневесенний и вегетационный периоды для различных сельскохозяйственных культур определяют по формулам А. И. Климко и Ю. А. Канцибера (табл. 4.15).

В таблице 4.15 приняты следующие обозначения: t_c — средняя продолжительность снеготаяния, сут; Q_c — коэффициент, учитывающий начало водоотдачи из снега в период снеготаяния и принимаемый равным 0,6...0,7; D_1 — средняя дата окончания снеготаяния; D_2 — дата возобновления вегетации озимых культур и многолетних трав; D_4 — дата наступления мягкопластического состояния почвы (начало полевых работ); t_o — продолжительность периода от даты отведения поверхностной воды до даты полевых работ, принимаемая равной 3...5 сут; $t_в$ — допустимая продолжительность затопления в вегетационный период, сут; t — средняя (ориентировочная) расчетная продолжительность отвода поверхностных вод для условий Нечерноземной зоны РСФСР.

При проектировании поглотительных колонок и колодцев-поглотителей, заполненных фильтрующим материалом до подошвы пахотного слоя и начи-

4.15. Расчетная продолжительность (сут) отвода поверхностных вод с осушаемых земель Нечерноземной зоны РСФСР

Характер использования земель	Период	
	ранневесенний	вегетационный
Полевые севообороты с озимыми культурами	$t=Q_c t_c+(D_2-D_1)$, $t=22...27$	0,5
Полевые севообороты с яровыми зерновыми культурами (без озимых)	$t=Q_c t_c+(D_4-D_1)-t_o$, $t=25...30$	0,5
Кормовые и овощные севообороты	$t=Q_c t_c+(D_4-D_1)$, $t=28...35$	0,8
Овощекартофельные севообороты	$t=Q_c t_c+(D_2-D_1)+t_в$,	0,5
Пастбище	$t=24...28$	1,0
Сенокосы		1,5

Примечание. Продолжительность отвода поверхностных вод в вегетационный период t принята в соответствии со СНИП II-52—74. Величины t_c, D_1, D_2 и D_4 определяют по справочнику «Агроклиматические ресурсы».

нающих эффективно работать после оттаивания почвогрунтов на глубину 0,15...0,20 м, продолжительность отвода поверхностных вод в ранневесенний период, определяемую по формулам таблицы 4.15, уменьшают на 30...40%.

Продолжительность периода отвода избыточных вод, в течение которого уровень грунтовых вод должен понизиться до минимально допустимой глубины (табл. 4.12), определяют с учетом следующего условия. Регулирующая сеть осушительной системы должна обеспечивать в этот период такой водно-воздушный режим почвы, при котором потери урожая от ее переувлажнения не превышают 15...20%. Для пахотных, лугопастбищных и сенокосных угодий она равна соответственно 3,5 и 10 сут.

В случае отсутствия расчетных показателей отвод избыточных вод, образуемых продолжительно выпадающими летними и осенними осадками, должен быть осуществлен (по обобщенным данным) в сроки, указанные в таблице 4.16.

4.16. Сроки (сут) отвода избыточных вод в вегетационный период (нарастающим итогом)

Характер использования земель	Отвод вод			
	поверхностных	из пахотного слоя на глубину 0,20...0,25 м	с глубины 0,2 до 0,5 м	с глубины 0,5 м до нормы осушения
Полевые севообороты с озимыми культурами	0,5	1,0...1,5	2...3	4...5
Полевые (без озимых культур), кормовые и овощные севообороты, пастбища	0,5	1,0...1,5	2...3	4...5
Многолетние травы (на сено)	1,0...1,5	2,0...3,0	3...5	6...7

4.4. КРИТИЧЕСКИЕ ГЛУБИНЫ ГРУНТОВЫХ ВОД

Критическая глубина грунтовых вод — глубина залегания их уровня, при котором поступление воды в корнеобитаемую зону минимальное. Критическая глубина больше нормы осушения, она зависит от мощности корневой системы, высоты капиллярного поднятия воды и минерализации грунтовых вод.

При критической глубине залегания уровней грунтовых вод почва не засоляется. Ее принимают в качестве расчетной (вместо нормы осушения) при наличии минерализованных грунтовых вод.

Для основных регионов распространения засоленных переувлажненных почв критическая глубина грунтовых вод приведена ниже:

Регион	Критическая глубина грунтовых вод, см
Барабинская низменность:	
северная часть . .	90
центральная » .	130
юго-восточная » .	170
Молдавия (пойма):	
при минерализации вод 2...5 г/л . .	80...100
» » » более 10 г/л .	160...200

Для зоны осушения критическая глубина в 1,5...3 раза меньше, чем для аридной зоны, где она колеблется от 1,4...2,0 м (Поволжье) до 2,5...3,0 м (Средняя Азия).

Глава 5. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОСУШЕНИЯ

5.1. МЕТОДЫ ОСУШЕНИЯ

Слова-синонимы — метод и способ — имеют в осушении различное содержание. Метод осушения характеризует основной принцип воздействия на неблагоприятный водный режим переувлажненных земель с целью преобразования его в оптимальный для их хозяйственного использования. Метод осушения определяет направленность мелиоративных мероприятий, принимается в зависимости от типа водного питания осушаемых земель с учетом характера их использования.

Практически техническими средствами можно воздействовать на все элементы приходной и расходной частей водчого баланса, включая атмосферные осадки (борьба со снегонакоплением, ускорение таяния снега с помощью зачернения его поверхности, управление облачностью и т. д.), суммарное испарение (посадка влаголюбивых с большим транспирационным коэффициентом растений — биологический дренаж и т. д.), инфильтрацию и другие элементы баланса.

При проектировании осушительных систем используют пять основных методов осушения, воздействие которых в конкретных условиях может быть усилено применением дополнительных методов (табл. 5.1).

При развитии орошения на осушаемых землях возникла необходимость выделять оросительный ТВП. Основные методы осушения при нем — профилактический — соблюдение научно обоснованного режима поливов и ограничение потерь воды в оросительной сети и на поле, дополнительный — ускорение поверхностного и внутреннего стока, образующегося при использовании оросительной воды.

5.1. Методы осушения земель

Тип водного питания	Метод осушения	
	основной	дополнительный
Атмосферный	Ускорение поверхностного стока	Повышение инфильтрационной и аккумулирующей способности почв
Грунтовый	Понижение уровней грунтовых вод (ускорение внутреннего стока)	Перехват потока грунтовых вод, уменьшение их притока
Грунтово-напорный	Понижение пьезометрических уровней и уровней грунтовых вод на объекте	Понижение пьезометрических уровней за пределами объекта осушения
Склоновый	Перехват на границе объекта склонового поверхностного стока	Уменьшение притока поверхностных вод со стороны
Намывной	Ускорение руслового паводкового стока, защита территории от затопления	Разгрузка реки (озера) системой мероприятий по регулированию и перераспределению стока

5.2. СПОСОБЫ ОСУШЕНИЯ

Способ осушения — способ сбора и отвода избыточных поверхностных и (или) подземных вод осушаемых земель — это сочетание технических средств и агротехнических приемов для осушения земель. Способ осушения устанавливается исходя из метода осушения и типа водного питания земель (табл. 5.2).

5.2. Способы осушения земель

Тип водного питания	Метод осушения	Способ осушения
Атмосферный	Ускорение поверхностного стока	Открытые каналы (собиратели), искусственные ложбины, закрытые собиратели, планировка поверхности, агромелиоративные мероприятия (глубокое рыхление почвы, выборочное бороздование, профилирование, грядование и гребневание поверхности, узкозагонная вспашка, вспашка вдоль склона)
	Повышение инфильтрационной и аккумулирующей способности почв	Кротовый и щелевой дренажи, агромелиоративные мероприятия (глубокое рыхление, глубокая вспашка, рыхление подпахотного горизонта, кротование, глубокое мульчирование почвы, известкование почвы, обработка почвы химическими мелиорантами, пескование торфов, мероприятия по уменьшению глубины промерзания и ускорению оттаивания почвы)
Грунтовый	Понижение уровней грунтовых вод	Открытые каналы (осушители), закрытый материальный дренаж (систематический или выборочный), вертикальный дренаж, кротовый и щелевой дренажи, углубление естественных дрен (реки, ручьи), кольматаж поверхности
	Перехват потока грунтовых вод	Ловчие каналы и дрены, береговой дренаж, вертикальный дренаж
	Уменьшение их притока	Антифильтрационные завесы, мероприятия по ограничению питания грунтовых вод (борьба с потерями в каналах и пр.), биологический дренаж
Грунтово-напорный	Понижение пьезометрических уровней:	
	на объекте	Глубокий горизонтальный (открытый и закрытый) дренаж, вертикальный дренаж, разгрузочные скважины — усилители горизонтального дренажа
	за его пределами	Устройство водозаборов подземных вод, мероприятия по ограничению питания напорного водоносного горизонта
Склоновый	Перехват на границе объекта склонового поверхностного стока	Нагорные каналы и ложбины, перехватывающие дрены, защитные дамбы

Продолжение

Тип водного питания	Метод осушения	Способ осушения
	Уменьшение притока поверхностных вод со стороны	Комплекс противоэрозионных мероприятий на склоне (создание прудов, лиманов, лесонасаждение, вспашка зяби и пахота поперек склона, лункование почвы, повышение агротехники и интенсивности использования земель, оструктуривание почв)
Намывной	Ускорение руслового паводкового стока	Регулирование рек-водоприемников (спрямление, углубление, уширение, расчистка русла)
	Защита территории от затопления	Обвалование рек, озер, нагорно-ловчих каналов
	Разгрузка реки (озера) системой мероприятий по регулированию стока	Устройство водохранилищ на реке и ее притоках, переброска части стока в бассейн другой реки, перехват притоков реки (озера) каналом со сбросом воды ниже объекта

Таким образом, способы осушения включают гидротехнические средства (устройство каналов, закрытого дренажа, вертикального дренажа и др.), агромелиоративные мероприятия (глубокое рыхление почвы, профилирование поверхности и др.), противоэрозионные мероприятия (лесопосадки, лункование склонов и др.), а также агротехнические приемы (оструктуривание почвы, повышение мощности гумусового слоя и др.). Выбор способа осушения производится на основе технико-экономических расчетов.

Способ осушения определяет принципиальную схему и конструкцию основного элемента осушительной системы — ее регулирующей сети.

Глава 6. ОСУШИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА И ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ

6.1. ТРЕБОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА К ОСУШИТЕЛЬНЫМ СИСТЕМАМ

Условия проходимости тракторных агрегатов и самоходных сельскохозяйственных машин определяются типом почвы, степенью ее окультуренности и влажностью (табл. 6.1).

При влажности выше $W_{НВ}$ торфяник теряет несущую способность верхних слоев почвы.

Несущую способность верхнего слоя торфяной почвы в зависимости от глубины залегания грунтовых вод находят по графику А. И. Голованова (рис. 6.1), а тяжелосуглинистых почв и легких глин — по графику Н. В. Акимова (рис. 6.2), где ПВ — полная влагоемкость почвы.

Требования к конфигурации осушаемых массивов и размещению полей севооборотов: форма осушаемых массивов должна обеспечивать создание севооборотных участков и полей севооборота прямоугольной и трапецеидальной формы; отклонения в размерах полей в севообороте допускаются не более 10...15%, а в особо сложных условиях до 20%; границы севооборотных массивов и полей севооборота должны совмещаться с закрытыми коллекторами и открытыми каналами; размеры полей должны обеспечивать производительное использование сельскохозяйственной техники при выполнении технологических операций на полях, длина полей рекомендуется от 800 до 1500 м (меньшая цифра относится к среднемощным тракторам, большая — к мощным); соотношение между сторонами поля 1 : 2...1 : 3.

6.1. Допустимое давление (мПа) на торфяные почвы (по Н. А. Алексейчику)

Степень окультуренности почв	Фон	Относительная влажность почвы, %		
		60...65	70...75	80...82
Хорошо окультуренный торфяник низинного типа, степень разложения 55...60%	Многолетние травы	0,061... 0,081	0,06... 0,07	0,02... 0,03
	Обработанное поле под посев	0,038... 0,052	0,014... 0,023	0,007... 0,01
Средне окультуренный торфяник, степень разложения 40...45%	Многолетние травы	0,046... 0,052	0,038... 0,044	0,013... 0,018
	Обработанное поле под посев	0,016... 0,02	0,019... 0,025	0,006... 0,008
Слабо окультуренный торфяник, степень разложения 30...35%	Обработанное поле под посев	0,014... 0,021	0,008... 0,017	0,006... 0,01

Примечание. Относительная влажность почвы $W_{от} = 100 W_{абс}/W_{НВ}$, где $W_{абс}$ — абсолютная весовая влажность, %; $W_{НВ}$ — наименьшая влагоемкость, %.

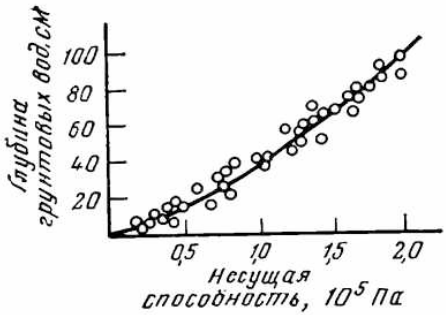


Рис. 6.1. Зависимость несущей способности верхнего слоя торфяной почвы от глубины залегания грунтовых вод.

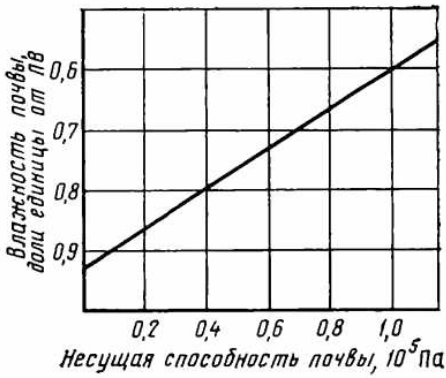


Рис. 6.2. Зависимость несущей способности почвы от ее влажности.

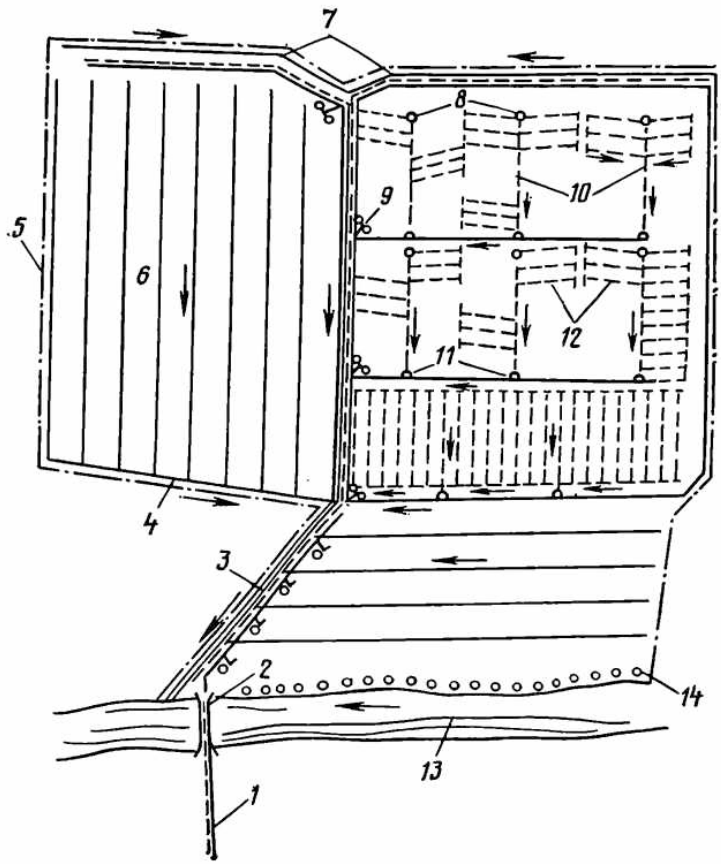


Рис. 6.3 Схема осушительной системы:

1 — дорожная сеть; *2* — мост; *3* — магистральный канал; *4* — транспортирующий собиратель; *5* — граница осушаемой площади; *6* — открытая регулирующая сеть; *7* — оградительная сеть; *8* — смотровые колодцы; *9* — трубы-переезды; *10* — закрытые коллекторы; *11* — устьевые сооружения; *12* — закрытая регулирующая сеть; *13* — водоприемник; *14* — лесополоса.

6.2. ЭЛЕМЕНТЫ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

Осушительная система (ОС) — природно-хозяйственный комплекс, в состав которого входят осушаемая площадь и инженерные сооружения, обеспечивающие создание оптимального водного режима почвы путем удаления избытка влаги с целью получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур при сохранении необходимого уровня экологического равновесия.

В состав ОС входят (рис. 6.3):

осушаемая площадь — объект мелиоративного воздействия, на которой создается и поддерживается необходимый для земледелия режим осушения;

осушительная сеть, отводящая избыточные воды с осушаемой площади и состоящая из регулирующей, оградительной и проводящей сети;

регулирующая сеть, отводящая избыточные воды с поверхности почвы и из пахотного слоя (открытые и закрытые собиратели) и понижающая грунтовые воды (дрены) для создания оптимального водно-теплового режима почвы;

оградительная сеть, защищающая осушаемую площадь от поступления с внешнего водосбора поверхностных (нагорные каналы) или грунтовых (ловчие каналы) вод;

проводящая сеть, принимающая воду из регулирующей и оградительной сети и отводящая ее за пределы осушаемой площади;

водоприемник, принимающий избыточные воды из проводящей сети и обеспечивающий в ней заданные уровни в расчетные периоды;

гидротехнические сооружения, поддерживающие заданный режим работы закрытой и открытой проводящей сети;

дорожная сеть, обеспечивающая эксплуатационное обслуживание осушительной сети и сооружений на ней и нормальное хозяйственное функционирование осушительной системы;

природоохранные сооружения и устройства, служащие для охраны естественного ландшафта, рекреационного и других видов несельскохозяйственного использования земель, видового обогащения сельских ландшафтов;

эксплуатационная сеть, обеспечивающая контроль и надзор за работой всех звеньев осушительной системы.

6.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Типизация осушительных систем, применяемых в настоящее время, приведена в таблице 6.2.

6.2. Типизация осушительных систем

Признаки ОС	Типы ОС	Характеристика типов ОС
По конструкции осушительной сети	Закрытая	Все элементы осушительной сети выполнены в виде закрытого дренажа или закрытых собирателей
	Открытая	Все элементы осушительной сети выполнены в виде открытых каналов
	Комбинированная	Регулирующая и часть проводящей сети (коллекторы) выполнены в виде закрытых элементов, остальная сеть — открытые каналы

Продолжение

Признаки ОС	Типы ОС	Характеристика типов ОС
По принципу регулирования водного режима почвы	Осушительные	Осушительная сеть обеспечивает только отвод избыточных вод
	Осушительно-увлажнительные	Осушительная сеть и дополнительные устройства для шлюзования и дождевания обеспечивают отвод воды и подачу ее в почву
По принципу сопряжения с водоприемником	Самотечные	Вода из осушительной сети в водоприемник поступает самотеком за счет гидравлической энергии потока
	С машинным водоподъемом	Вода из осушительной сети в водоприемник отводится с помощью насосов
По принципу площадного размещения осушительной сети	Систематического осушения	Осушительная сеть размещается равномерно по осушаемой площади
	Выборочного осушения	Осушительная сеть размещается по осушаемой площади неравномерно (выборочно) с учетом местных проявлений переувлажнения
По принципу водооборота	Неводооборотные	Сток с осушаемой площади полностью сбрасывается в водоприемник
	С частично замкнутым водооборотом (водооборотные)	Часть стока с осушаемой площади (преимущественно в летний период) аккумулируется с целью последующего использования для увлажнения сельскохозяйственных культур
	Водооборотные	Весь сток с осушаемой площади задерживается в прудах для последующего увлажнения культур на той же площади

Глава 7. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

7.1. СПОСОБЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСЧЕТОВ

Гидрологическими расчетами устанавливаются два вида характеристик режима стока (рис. 7.1): экстремальные значения формирующегося стока (максимальные расходы половодий $Q_{max\ вес}$ и паводков $Q_{max\ п.п}$, максимальные расходы предпосевного периода $Q_{п.п}$); режим стока за определенный период (расчетные гидрографы за сезоны и год).

Расчетные гидрологические характеристики обосновываются данными Госкомгидромета СССР, а также при необходимости дополняются материалами инженерно-гидрометеорологических изысканий. При этом в соответствии со СНиП 2.01.14—83 расчеты проводят при наличии данных гидрометеорологических наблюдений непосредственно по этим данным, при недостаточности данных гидрометеорологических наблюдений — путем приведения их к многолетнему периоду по данным рек-аналогов, по которым имеются длительные ряды наблюдений, при отсутствии данных — по формулам с применением данных о реках-аналогах и картам, обобщающим материалы наблюдений гидрометеорологических станций и постов.

Расчетные гидрологические характеристики определяют по однородным гидрологическим рядам. Для приведения к однородным условиям используют регрессионные методы, основанные на парной и множественной корреляции, и водно-балансовые методы. При определении расчетных гидрологических характеристик учитываются современный и перспективный уровни использования водных ресурсов.

Продолжительность периода гидрологических наблюдений считается достаточной, если рассматриваемый период репрезентативен, а величина относительной среднеквадратической ошибки расчетного значения характеристики не превышает 10%. Оценка репрезентативности проводится по рекам-аналогам с длительными (более 50 лет) рядами наблюдений.

Параметры кривых распределения гидрологических характеристик определяют с использованием трехпараметрического гамма-распределения (табл. 7.1) и биномиального распределения методом моментов (табл. 7.2). Допускается применять графоаналитический и графический методы с использованием набора клетчаток вероятностей при фиксированном отношении коэффициента асимметрии C_s и коэффициента вариации C_v. Величина E_p в таблицах 7.1 и 7.2 характеризует случайную среднеквадратическую ошибку расчетного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P=0{,}01\%$.

Для водохозяйственных расчетов осушительных и осушительно-увлажнительных систем необходимы следующие гидрологические элементы: максимальные расходы половодий; расходы на начало посевного периода; максимальные расходы дождевых паводков; суточные гидрографы половодий заданной обеспеченности или гидрографы календарных типичных по водности лет; параметры дождевых паводков (для установления продолжительности и интенсивности затоплений); характеристики меженного стока; схемы внутрисезонного распределения стока (суточных, декадных и месячных расходов) в годы различной водности; величина и обеспеченность сезонного и годового стока; обеспеченность и внутригодовое распределение суточных, месячных, сезонных и годовых объемов суммарного испарения (водопотребле-

7.1. Значения $E_P\%$ для трехпараметрического гамма-распределения

Значения C_S/C_V	Коэффициент вариации C_V														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Метод наибольшего правдоподобия															
2	0,25	0,45	0,60	0,75	0,88	0,96	1,05	1,14	1,22	1,30	1,38	1,46	1,54	1,60	1,67
3	0,30	0,50	0,75	1,00	1,18	1,30	1,43	1,55	1,68	1,78	1,90	2,00	2,10	2,24	2,33
4	0,40	0,70	1,00	1,30	1,48	1,60	1,74	1,88	2,00	2,15	2,27	2,40	2,58	2,65	2,77
Метод моментов															
2	0,25	0,45	0,60	0,75	0,88	0,96	1,05	1,14	1,22	1,30	1,38	1,46	1,54	1,60	1,67
3	0,30	0,57	0,84	1,10	1,34	1,55	1,74	1,98	2,11	2,28	2,42	2,56	2,68	2,80	2,92
4	0,40	0,77	1,11	1,43	1,73	2,00	2,22	2,42	2,60	2,77	2,94	3,10	3,26	3,41	3,57

7.2. Значения $E_P\%$ для биномиального распределения методом моментов

Значения C_S/C_V	Коэффициент вариации C_V														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
2	0,25	0,45	0,62	0,78	0,92	1,05	1,16	1,27	1,39	1,49	1,60	1,70	1,80	1,91	2,01
3	0,28	0,52	0,75	0,97	1,19	1,35	1,59	1,63	1,96	2,14	2,31	2,49	2,66	2,84	3,01
4	0,30	0,61	0,91	1,20	1,49	1,66	2,04	2,30	2,56	2,82	3,09	3,35	3,62	3,89	4,15

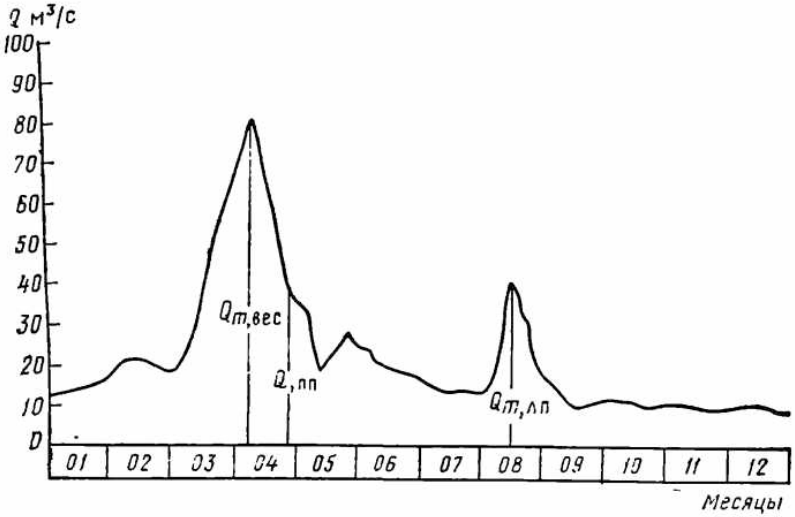


Рис. 7.1. Гидрограф годового стока.

ния сельскохозяйственными культурами); обеспеченность и внутригодовое распределение осадков; связи по формированию режима почвенной влаги за теплый период и по весенним условиям увлажнения.

7.2. ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И НЕОБХОДИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Основная расходная составляющая в водном балансе осушаемых земель — водопотребление сельскохозяйственных культур или суммарное испарение.

Нормы по испаряемости E_0 за теплый период на осушаемых землях Нечерноземной зоны европейской территории страны (ЕТС) для многолетних трав и яровых зерновых представлены в виде схемы территориального распределения (рис. 7.2). Здесь же даны нормы испарения E с освоенных болот для трав в режиме увлажнения атмосферными осадками за тот же период. Переход к суммарному испарению и испаряемости в тех же условиях другими культурами осуществляется с помощью коэффициента

$$K_c = E_к / E_т,$$

где $E_к$ — искомое суммарное испарение, или испаряемость; $E_т$ — известное суммарное испарение, или испаряемость.

Значения коэффициента K_c стабильны, поэтому их можно использовать в расчетах не только среднемноголетних сумм испарения за теплый сезон, но и сумм за отдельные календарные годы (табл. 7.3).

Суммарные объемы испарения за теплый период года изменяются мало. Для испаряемости E_0 значения коэффициентов вариации C_v в пределах ЕТС изменяются в пределах 0,05...0,10. Несколько большие значения C_v для испарения. В северной части Нечерноземной зоны ЕТС при естественной увлажненности осадками C_v=0,10, а в южной части вариация усиливается

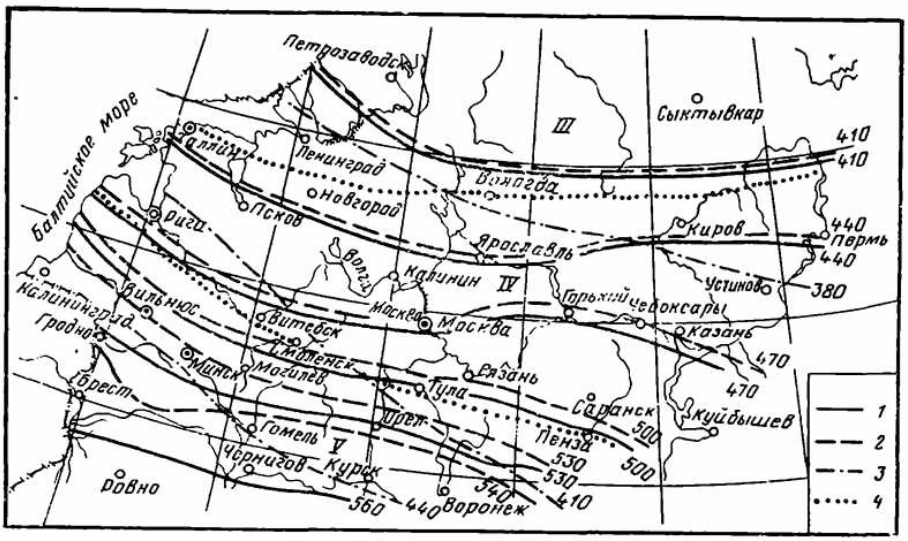


Рис. 7.2. Нормы испаряемости $E_0(E)$ за теплый период на осушаемых болотах и избыточно увлажненных минеральных землях Нечерноземной зоны ЕТС:

1 и *3* — E_0 и E для многолетних трав; *2* — E_0 — для яровых зерновых; *4* — границы районов.

вследствие более частых недостатков влаги и $C_V = 0{,}16$. По испаряемости соотношение между C_S и C_V равно 3 ($C_S = 3C_V$) для всех культур. Значение C_S для испарения на территории ЕТС приведены в таблице 7.4.

По параметрам кривых распределения сезонных величин суммарного испарения можно рассчитывать суммы испарения разной обеспеченности для различных культур и в разных пунктах территории. Интегральные характе-

7.3. Коэффициенты K_c для определения испаряемости и суммарного испарения сельскохозяйственных культур за апрель — октябрь по испарению многолетними травами

Культуры и угодья	Для испаряемости E_0	Для испарения E	Культуры и угодья	Для испаряемости E_0	Для испарения E
Яровые зерновые	1,04	1,05	Картофель	0,76	0,86
Капуста, сахарная свекла	0,90	0,97	Конопля	0,94	1,12
Кукуруза	0,91	1,00	Открытая почва	1,14	0,90

7.4. Соотношение C_S/C_V для сезонного (апрель — октябрь) испарения E

Часть ЕТС	Многолетние травы	Яровые зерновые	Конопля	Кукуруза, капуста, сахарная свекла, картофель
Северная	2,0	1,5	2,0	3,0
Южная	3,0	2,5	2,5	3,0

7.5. Типовое внутрисезонное распределение испарения E на осушаемых землях (процент суммы за апрель — октябрь)

Район; начало и конец вегетационного периода	Культуры	Месяц						
		04	05	06	07	08	09	10
III; 1-я декада мая — 3-я декада сентября	Многолетние травы с двумя укосами	3,5	18	30	25	18	5	0,5
	Яровые зерновые	5,5	16	29	30	15	4	0,5
	Капуста	3,5	8	26	28	27	7	0,5
	Картофель	3,5	10	23	31	25	7	0,5
	Озимая рожь	4,5	27	36	20	8	4	0,5
IV; 3-я декада апреля — 1-я декада октября	Многолетние травы с двумя укосами	5	18	27	23	17	7	2
	Яровые зерновые	7	19	29	26	13	5	1
	Кукуруза	4	10	27	29	24	5	1
	Капуста	3	9	27	29	25	6	1
	Картофель	5	11	22	30	24	7	1
	Озимая рожь	8	27	35	19	7	3	1
V; 2-я декада апреля — 2-я декада октября	Многолетние травы с двумя укосами	9	17	24	21	17	8	4
	Яровые зерновые	10	19	28	22	12	6	3
	Конопля	7	11	21	29	21	8	3
	Кукуруза	6	9	22	28	24	8	3
	Сахарная свекла	7	8	19	29	24	9	4
	Капуста	7	9	21	27	23	9	4
	Картофель	8	12	19	28	22	8	3
	Озимая рожь	14	35	28	12	6	3	2

7.6. Внутрисезонное распределение испаряемости E_0 (процент суммы за апрель — октябрь)

Район	Культуры	Месяц						
		04	05	06	07	08	09	10
III	Многолетние травы	3,5	18	30	25	18	5	0,5
	Яровые зерновые	3,5	16	31	30	15	4	0,5
IV	Многолетние травы	5	18	27	24	18	7	1
	Яровые зерновые	5	16	30	29	15	4	1
V	Многолетние травы	8	17	24	22	18	8	3
	Яровые зерновые	8	16	28	26	13	6	3

ристики общего расхода воды на суммарное испарение по территории осушаемых земель определяют, исходя из характера их использования и доли каждой культуры в севообороте.

В типичные по увлажненности годы (при типизации календарного хода испарения учитывается внутрисезонная обеспеченность месячных или декадных величин) различия внутрисезонных колебаний как E, так и E_0 несущественны. Поэтому модель для среднего года, полученную по данным все-

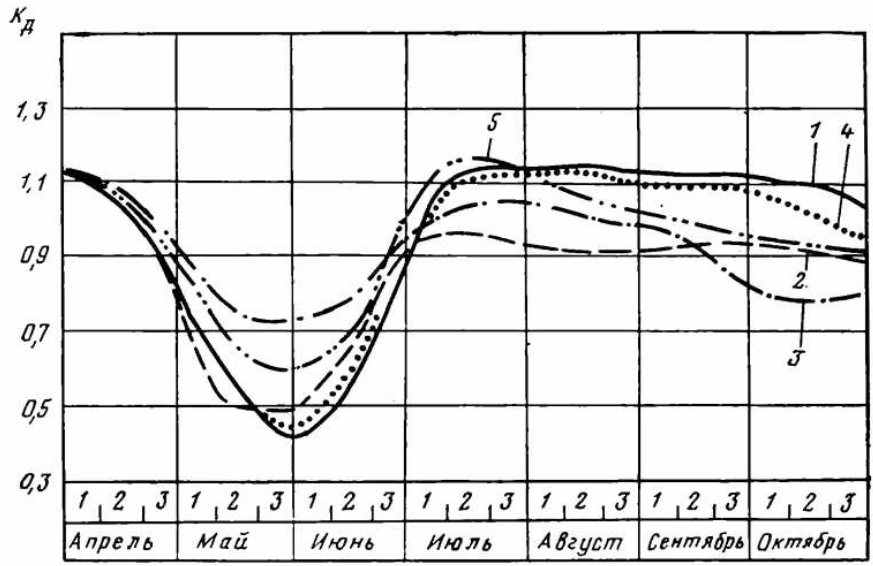


Рис. 7.3. Графики изменения переходных коэффициентов $K_д$ от испаряемости E_0 многолетними травами к E_0 другими культурами:
1 — капуста; *2* — картофель; *3* — кукуруза; *4* — сахарная свекла; *5* — конопля.

го многолетнего ряда (табл. 7.5 и 7.6), можно использовать для засушливых и влажных лет.

Испарение и его внутрисезонное изменение для других культур в календарные или типичные по обеспеченности годы можно установить, если имеются данные за эти годы для многолетних трав. С этой целью при расчете испаряемости E_0 используется график, изображенный на рисунке 7.3, а испарения — таблица 7.5. В таблице 7.7 для примера даны переходные коэффициенты для капусты.

Общее расходование воды и увеличение водопотребления с ростом урожая характерны для низких уровней урожайности, при этом недоиспользуются тепловые ресурсы. По мере роста урожая при оптимальном увлажнении водопотребление ограничивается тепловыми ресурсами, и после определенного уровня урожая оно практически не увеличивается, несмотря на дальнейший рост урожая. Таким пределом для условий Нечерноземной зоны являются урожаи многолетних трав около 10,0 т/га сена (за два укоса), зерновых — 4,5, капусты — 35,0, картофеля — 25,0...30,0 т/га.

В условиях оптимального увлажнения почвы при достижении указанных урожаев водопотребление сельскохозяйственных культур независимо от почв близко к максимально возможному (испаряемости), определяемому ресурсами тепла. Под водопотреблением понимаются транспирация и испарение с почвы за теплый период года (апрель — октябрь). Для определения расхода влаги за годовой цикл добавляется расчетное испарение за холодный период. В таблице 7.8 приведены прогнозные нормы водопотребления сельскохозяйственных культур на перспективу в годы различной обеспеченности.

Основным источником для увлажнения (орошения) служат поверхностные воды, режим формирования которых характеризуется речным стоком. При неблагоприятном внутригодовом распределении стока, когда его объемы в отдельные периоды недостаточны для компенсации дефицитов почвенной влаги, применяется регулирование стока с аккумуляцией воды в многоводные периоды в резервирующих емкостях (водохранилища, пруды и другие водоемы) и использование его в маловодные. Объемы регулирования

7.7. Переходные коэффициенты ($K_E = E_{кап}/E_{тр}$) от водопотребления $E_{тр}$ к водопотреблению капустой $E_{кап}$

Месяц	Декада	Коэффициент увлажненности почвы под травами $\delta = W_ф/W_{оп} < 1$											
		0,4	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
04	1	—	—	—	—	—	0,90	0,95	1,0	1,0	1,05	1,05	1,10
	2	—	—	—	—	—	0,60	0,65	0,75	0,85	0,90	0,95	1,00
	3	—	—	—	—	—	0,40	0,50	0,55	0,65	0,70	0,75	0,80
05	1	—	—	—	0,10	0,15	0,20	0,35	0,45	0,50	0,55	0,55	0,60
	2	—	—	—	0,20	0,21	0,22	0,28	0,35	0,40	0,45	0,47	0,50
	3	—	—	—	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,42	0,40
06	1	—	—	0,80	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,48	0,44	0,43
	2	—	—	1,35	1,30	1,20	1,13	1,05	0,92	0,88	0,75	0,72	0,63
	3	—	—	1,35	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00	0,90	0,85
07	1	—	1,80	1,75	1,70	1,60	1,50	1,40	1,35	1,30	1,23	1,15	1,13
	2	—	1,75	1,67	1,58	1,45	1,40	1,30	1,20	1,15	1,08	1,00	0,95
	3	—	1,75	1,67	1,58	1,45	1,40	1,30	1,20	1,15	1,08	1,03	1,00
08	1	—	1,75	1,67	1,60	1,53	1,45	1,37	1,30	1,28	1,20	1,17	1,12
	2	—	1,75	1,67	1,60	1,45	1,38	1,35	1,25	1,18	1,15	1,12	1,10
	3	—	1,75	1,67	1,60	1,45	1,38	1,35	1,25	1,18	1,15	1,12	1,10
09	1	—	1,70	1,63	1,60	1,50	1,42	1,38	1,30	1,25	1,15	1,12	1,10
	2	—	1,70	1,63	1,60	1,60	1,50	1,38	1,30	1,25	1,15	1,12	1,10
	3	—	1,70	1,63	1,60	1,60	1,50	1,38	1,30	1,25	1,15	1,12	1,10
10	1	—	—	—	1,50	1,45	1,40	1,30	1,25	1,20	1,15	1,08	1,00
	2	—	—	—	1,25	1,22	1,20	1,18	1,15	1,12	1,10	1,08	1,00
	3	—	—	—	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Примечание. $W_ф$ — фактические влагозапасы почвы; $W_{оп}$ — влагозапасы почвы, не ограничивающие процесс испарения.

вод определяются приходными и расходными элементами водного баланса (водопотребление, атмосферные осадки, влагосодержание и влагообмен в почвогрунтах, влагообмен на поверхности почвы) за сезон.

Расчеты выполняют по совокупности приходных и расходных элементов влаги с учетом их изменчивости во времени и в процессе влагообмена по последовательно сменяющимся интервалам времени от любого начального момента (декады) с известными начальными условиями. Количественные показатели влагообмена за расчетный интервал определяют начальные условия для последующего интервала (декады).

При расчете режима уровней грунтовых вод учитывается влагообмен с зоной аэрации и дренирующее влияние осушительных систем:

$$H_к = H_н + \sum_{\tau_1}^{\tau_2} \Delta H_п, \qquad (7.1)$$

где $H_к$ и $H_н$ — УГВ на конец расчетного интервала τ_2 и его начало τ_1; $\Delta H_п$ — изменение УГВ за расчетный интервал $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$ под влиянием совокупности всех факторов.

Расчет выполняется комплексно, при этом устанавливаются и другие характеристики водного режима. Прогноз режима влажности почв зоны аэрации или корнеобитаемого слоя выполняют по формуле

$$W_2 = W_1 + \sum_{t_1}^{t_2} Q_т \leqslant W_{vп}, \qquad (7.2)$$

где W_2 и W_1 — влагозапасы в расчетном слое почвы на конец и начало де-

7.8. Прогнозные нормы водопотребления (мм) сельскохозяйственных культур с учетом общего суммарного испарения за год для Нечерноземной зоны ЕТС

Культуры	Обеспеченность величин водопотребления								
	Район III			Район IV			Район V		
	10	25	50	10	25	50	10	25	50
Сенокосы и пастбища	508...538 / 520	477...504 / 489	440...466 / 454	587...622 / 601	552...583 / 565	509...538 / 525	660...699 / 675	620...655 / 635	572...605 / 590
Яровые зерновые, лен	531...556 / 543	491...521 / 512	461...482 / 474	614...643 / 627	568...602 / 592	533...557 / 547	690...722 / 705	638...677 / 665	599...626 / 625
Картофель	403...427 / 416	377...400 / 389	350...370 / 358	466...494 / 481	436...463 / 449	405...427 / 414	524...555 / 540	490...520 / 505	455...480 / 465
Овощные	463...489 / 481	433...458 / 447	400...422 / 412	535...565 / 556	500...530 / 516	463...488 / 476	601...635 / 625	562...595 / 580	520...548 / 535
Сахарная свекла и другие корнеплоды	466...489 / 477	437...458 / 447	404...424 / 412	538...565 / 552	505...530 / 516	467...490 / 476	605...635 / 620	567...595 / 580	525...550 / 535
Кукуруза	475...504 / 489	445...472 / 458	412...435 / 424	549...582 / 565	514...546 / 530	476...503 / 490	617...655 / 635	578...613 / 595	535...565 / 550

Примечание. В числителе дано колебание величин по территории, а в знаменателе — средняя величина.

кады, мм; $Q_т$ — приходные и расходные элементы баланса влаги на границах расчетного слоя, определяющие влагообмен и вызывающие изменение влагосодержания в этом слое, мм; $W_{vн}$ — предельное влагосодержание по условиям водоудерживающей способности слоя почвы, мм.

Расчеты выполняют на ЭВМ по программам для трех вариантов формирования водного режима: при естественных условиях увлажненности; при дополнительной подаче воды в корнеобитаемый слой снизу (шлюзование); при дополнительном увлажнении дождеванием.

7.3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОКА И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Максимальные расходы рек формируются при прохождении весенних половодий и дождевых паводков и соответствуют их пикам (рис. 7.1). Расчетные значения (расходы фиксированной обеспеченности) пропускаются в руслах осушительных систем полным сечением, поэтому размеры русл определяются с учетом этого условия. Гидрологическими расчетами устанавливаются вероятностные характеристики максимальных расходов (вероятность превышения фиксированных расходов или обеспеченность). Расчетную обеспеченность расходов, по которым назначаются параметры осушительных систем, принимают на основе технико-экономических обоснований оптимального варианта.

В СНиП 2.01.14—83 изложены также методики определения гидрологических характеристик рек: годовой сток воды рек и его внутригодовое распределение, максимальный сток воды рек весеннего половодья и дождевых паводков; минимальный сток воды рек; расчетные гидрографы стока воды весеннего половодья и дождевых паводков при наличии и недостаточности данных гидрометеорологических наблюдений.

При отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений максимальный сток воды рек весеннего половодья в соответствии с указанным СНиП для водосборов площадями от элементарно малых (менее 1 км²) до 20 000 км² для европейской и до 50 000 км² для азиатской территории СССР следует определять по формуле

$$Q_p = \frac{K_0 h_p \mu \delta \delta_1 \delta_2}{(F + F_1)^{n_1}} F,$$

где Q_p — расчетный максимальный расход воды весеннего половодья заданной обеспеченности P %, м³/с; K_0 — параметр, характеризующий дружность весеннего половодья, определяемый по данным рек-аналогов по этой же формуле обратным путем; h_p — расчетный слой суммарного весеннего стока ежегодной вероятности превышения P %, мм; он определяется в зависимости от коэффициента вариации C_V и отношения C_S/C_V, а также среднемноголетнего слоя стока h_0; μ — коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды; δ — коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточности озер; δ_1 и δ_2 — коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды соответственно в залесенных и заболоченных бассейнах; F — площадь водосбора, км²; F_1 — дополнительная площадь водосбора, учитывающая снижение редукции, км²; n_1 — показатель степени редукции.

Среднемноголетний слой весеннего стока h_0, необходимый для расчета входящей в формулу величины h_p, определяют по данным рек-аналогов или интерполяцией с учетом поправок на влияние местных факторов (площади водосбора, озерности, характера рельефа, почв, заболоченности, распаханности и пр.). В условиях лесостепной зоны для рек с водосбором площадью менее 200 км² вводят поправки на влияние уклонов водосборов при уклонах $i_в \leqslant 70\%$:

$$K' = 0{,}18\,(i_в + 1)^{0{,}45},$$

где $i_в$ — средний уклон водосбора.

Влияние озерности на средний многолетний слой стока весеннего половодья учитывается введением коэффициента снижения стока. В зависимости от средневзвешенной озерности бассейна ($F_{оз}$, %) его величина равна:

$F_{оз}$, %	Коэффициент снижения стока
0...2,8	0,9...0,8
2,9...6,4	0,8...0,6
Более 6,4	0,6

Эти данные не распространяются на реки с промерзающими озерами.

Коэффициенты вариации слоя стока весеннего половодья определяют по рекам-аналогам или интерполяцией, при этом для водосборов площадью менее 200 км² вводят поправочные коэффициенты:

Площадь водосбора, км²	Поправочный коэффициент
0...50	1,25
51...100	1,25...1,20
101...150	1,20...1,15
151...200	1,15...1,05

Допускается уточнять поправочный коэффициент к C_V по региональным функциональным зависимостям $C_V = f(F)$ для равнинных рек.

Расчетные отношения C_S/C_V принимают осреднением значений, установленных по рекам с наиболее продолжительными наблюдениями за стоком воды.

Коэффициент μ принимают в зависимости от природной зоны и расчетной обеспеченности стока (табл. 7.9).

7.9. Значения коэффициента μ

Зона	P, %								
	0,1	1	3	5	10	25	50	75	95
Тундра и лесная	1,02	1,0	0,97	0,96	0,93	0,90	0,86	0,82	0,82
Лесостепная	1,04	1,0	0,96	0,93	0,89	0,80	0,72	0,64	0,58

Коэффициент δ, учитывающий влияние на сток проточных озер, определяют по формуле

$$\delta = 1/(1 + CF_{оз}),$$

где C — коэффициент, принимаемый в зависимости от среднемноголетнего слоя стока h_0:

h_0, мм	Более 100	99...50	49...20	Менее 20
C	0,2	0,2...0,3	0,3...0,4	0,4

$F_{оз}$ — средневзвешенная озерность (%):

$$F_{оз} = \sum_{i=1}^{n} (100 S_i F_i)/F;$$

S_i — площадь водной поверхности озера, км²; F_i — площадь водосбора озера, км².

При наличии озер вне главного русла реки и основных ее притоков коэффициент δ принимают при $F_{оз} < 2\%$ $\delta = 1$, $F_{оз} > 2\%$ $\delta = 0{,}8$.

Влияние на сток прудов, регулирующих меженный сток, учитывается только для максимальных расходов вероятностью превышения $P > 5\%$, в этом случае допускается уменьшение расчетного расхода до 10%.

7.10. Значения параметра α_1

Природная зона	Расположение леса на водосборе	$F_л$, %		
		3...9	10...19	20...30
Лесная	А	1,0	1,0	1,0
	В	0,85	0,80	0,75
	С	1,20	1,25	1,30
	А, С	1,0	1,0	1,0
	В	1,25	1,30	1,40

Примечание. Расположение леса на водосборе принято условно следующее: А — равномерное, В и С — соответственно в верхней, а также в нижней и прирусловой части водосбора.

Коэффициент δ_1 определяют по формуле

$$\delta_1 = \frac{\alpha_1}{(F_л + 1)^{n_2}},$$

где $F_л$ — залесенность водосбора, %; α_1 — параметр, который принимают по таблице 7.10.

При залесенности менее 3% или при проточной озерности более 20% коэффициент $\delta_1 = 1$.

Коэффициент δ_2 определяют по формуле

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg (0,1F_б + 1),$$

где β — коэффициент, зависящий от типа болот; $\beta = 0,8$ — низинные болота и заболоченные леса и луга на водосборах, сложенных супесчаными и легкосуглинистыми почвогрунтами; $\beta = 0,7$ — водосборы с болотами разных типов; $\beta = 0,5$ — верховые болота на водосборах с супесчаными и легкосуглинистыми почвогрунтами; $\beta = 0,3$ — верховые болота на водосборах, сложенных глинистыми и среднесуглинистыми почвогрунтами; $F_б$ — относительная площадь болот, заболоченных лесов и лугов в бассейне, %; площадь внутриболотных озер за пределами главного русла и основных притоков реки включается в площади болот.

При заболоченности менее 3% при проточной озерности более 20% коэффициент $\delta_2 = 1$.

Коэффициент редукции n_1 принимают для лесной зоны равным 0,22, для лесостепной — 0,1 на суглинистых почвогрунтах, 0,2 на супесчаных и 0,16 на почвогрунтах различного механического состава под лесом.

Максимальные расходы воды рек дождевых паводков Q_p расчетной обеспеченности P % при наличии рек-аналогов определяют по формуле

$$Q_p = q_{p,a} \frac{\delta\delta_2}{\delta_a\delta_{2,a}} \left(\frac{F_a}{F}\right)^{n_3} F,$$

где $q_{p,a}$ — модуль максимального расхода воды (м³/с на 1 км²) в реке-аналоге вероятностью превышения P %; δ, δ_a — коэффициенты, учитывающие регулирующее влияние на сток проточных озер, соответственно для исследуемой реки и реки-аналога, принимаемые при $C = 0,2$ (см. выше); δ_2, $\delta_{2,a}$ — коэффициенты, определяемые по вышеприведенной формуле при $\beta = 0,5$, соответственно для исследуемой реки и реки-аналога; n_3 — коэффициент редукции модуля максимального мгновенного расхода воды с увеличением площади водосбора, $n_3 = 0,30$ для большей части территории Нечерноземной зоны РСФСР, Западной Сибири и севера Дальнего Востока; $n_3 = 0,22$ для Северо-Западного района Нечерноземной зоны, Белоруссии и Прибалтики; $n_3 = 0,35$ для Дальнего Востока и Восточной Сибири; $n_3 = 0,5...0,6$ для южной части Нечерноземной зоны и лесостепной зоны.

Указанная формула для расхода дождевых паводков применима при соблюдении условия

$$K_\Phi \leqslant 1{,}5K_{\Phi,а},$$

где K_Φ, $K_{\Phi,а}$ — коэффициенты формы водосбора соответственно для исследуемой реки и реки-аналога;

$$K_\Phi = L/F^{0{,}56},$$

L — длина реки от наиболее удаленной точки водосбора, км; F — площадь водосбора, км².

При несоблюдении этого условия используется иная формула с учетом морфометрических характеристик рек (не приводится).

При отсутствии рек-аналогов максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков определяют по редукционной формуле

$$Q_р = q_{200}\,(200/F)^{n_3}\,\delta\delta_2\delta_3\lambda_р F,$$

где q_{200} — модуль максимального мгновенного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ при $\delta=\delta_2=\delta_3=1$, приведенный к площади водосбора, равной 200 км², и определяемый интерполяцией с использованием изученных рек в исследуемом районе; $\lambda_р$ — переходный коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ к максимальным расходам воды другой вероятности превышения; определяется в зависимости от районов, выделенных при районировании территории СССР (табл. 7.11); δ_3 — коэффициент, учитывающий изменение параметра q_{200} с изменением средней высоты водосбора в горных районах.

Для водосборов площадью менее 50 км² в тундровой и лесной зонах и менее 100 км² в лесостепной зонах максимальные мгновенные расходы дождевых паводков принятой обеспеченности определяют по формуле предельной интенсивности стока с учетом гидрометрических характеристик русла, интенсивности осадков, продолжительности склонового и руслового добегания воды и других характеристик, изменяющихся по территории страны в широких пределах. Методика расчета и необходимые для него таблицы и карты изолиний приведены в СНиП 2.01.14—83.

Однако при проектировании осушительных систем этой инструкции недостаточно, так как при осушении земель возникают дополнительные требования к гидрологическим расчетам.

7.11. Значения переходного коэффициента $\lambda_р$

	Площадь водосбора F, км²	Вероятность превышения P, %						
		0,1	1	2	3	5	10	25
Северо-Западный район Нечерноземной зоны, Прибалтика	⩾0,1	1,5	1,0	0,85	0,77	0,67	0,55	0,36
	<0,1	1,4	1,0	0,76	0,69	0,60	0,50	0,32
Северный район Нечерноземной зоны	>0	1,4	1,0	0,90	0,86	0,80	0,69	0,50
Центральный район Нечерноземной зоны	⩾100	1,4	1,0	0,82	0,77	0,70	0,60	0,40
	0,1	—	1,0	0,82	0,68	0,48	0,32	0,21
Южная часть Нечерноземной зоны	>0	1,6	1,0	0,83	0,74	0,62	0,46	0,23
Западная Сибирь (бассейн р. Оби)	⩾1 000	1,45	1,0	0,86	0,79	0,70	0,56	0,38
	<1 000	1,55	1,0	0,84	0,75	0,62	0,46	0,26
Восточная Сибирь	>0	1,5	1,0	0,87	0,80	0,70	0,56	0,40
Дальний Восток	>0	1,8	1,0	0,80	0,71	0,56	0,38	0,20

Во-первых, на малых реках и осушительных каналах проявляются специфические особенности формирования стока, обусловленные местными условиями осушаемых объектов.

Во-вторых, для проектирования мелиоративных мероприятий необходимы дополнительные гидрологические расчеты по стоку воды, связанные с обеспечением оптимального водного режима на осушаемых землях, что отражено в региональных нормативах.

В-третьих, на осушаемых водосборах необходимо разрабатывать такие не предусмотренные СНиП категории стока, как сток предпосевного периода, расчетные гидрографы для использования стока на увлажнение и определения сроков и длительности затопления сельскохозяйственных угодий, режима работы осушительных систем, а также модули стока для расчета регулирующей осушительной сети.

Предпосевной сток — сток, соответствующий времени наступления оптимальных сроков весеннего сева сельскохозяйственных культур. Время наступления его зависит от типа почвы, сельскохозяйственной культуры и определяется методом А. И. Ивицкого по сумме весенней среднесуточной температуры воздуха.

Этим методом установлено, что оптимальные сроки весеннего сева и предпосевной сток на торфяных почвах наступают: для ранних яровых зерновых культур при сумме среднесуточной температуры воздуха $\Sigma t = 50\,^{\circ}\mathrm{C}$, накопившейся от даты схода устойчивого снежного покрова, а при отсутствии его — от даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха из отрицательной в положительную; для луговых трав — при $\Sigma t = 130\,^{\circ}\mathrm{C}$.

Посев ранних яровых зерновых при $\Sigma t = 130\,^{\circ}\mathrm{C}$ снижает их урожай в среднем на 7%.

Если торфяные почвы осушаются под травы, то время наступления предпосевного стока принимается при накоплении $\Sigma t = 130\,^{\circ}\mathrm{C}$. В севообороте с наличием яровых зерновых этот сток находится технико-экономическим расчетом, с учетом указанного снижения урожая на 7% при $\Sigma t = 130\,^{\circ}\mathrm{C}$.

На минеральных почвах оптимальный срок сева яровых зерновых культур и предпосевной срок наступает: на легких почвах при $\Sigma t = 130\,^{\circ}\mathrm{C}$, на средних — при $\Sigma t = 170\,^{\circ}\mathrm{C}$ и на тяжелых — при $\Sigma t = 200\,^{\circ}\mathrm{C}$.

Расчетный предпосевной сток при наличии данных агрометеорологических и гидрологических наблюдений устанавливают следующим образом: по данным агрометеонаблюдений определяют дату наступления предпосевного стока за каждый год наблюдений. На установленную дату, на предшествующую и последующую ей по гидрографу определяют расходы воды и вычисляют средний по ним модуль стока, строят кривую обеспеченности и по ней по нужной расчетной обеспеченности определяют расчетный модуль стока. Расчетный предпосевной расход воды должен пропускаться ниже бровки канала на 0,4...0,6 м.

При отсутствии гидрологических наблюдений расчетный предпосевной сток определяют по формуле А. И. Ивицкого:

$$q_{\text{п}} = \frac{11{,}5}{\kappa t_{\text{п}} (1 + \gamma)} \left[2h_{\text{п}} \left(1 - \frac{\tau}{\gamma t_{\text{п}}} \right) + h_0 \right], \qquad (7.3)$$

где $q_{\text{п}}$ — модуль предпосевного стока, л/с с 1 км²; $h_{\text{п}}$ — поверхностный сток половодья (мм) определяется по карте стока половодья; h_0 — подземный сток за период половодья (мм), определяется по формуле $h_0 = 0{,}16h_{\text{п}} + 6$; $t_{\text{п}}$ — продолжительность подъема весеннего половодья (сут), определяется по формуле $t_{\text{п}} = \alpha t_{\text{с}} + AF^m / \sqrt[3]{I}$; $t_{\text{с}}$ — расчетная продолжительность снеготаяния (сут), определяется по формуле $t_{\text{с}} = 2\sqrt{h_{\text{п}}}\sqrt[4]{\lambda + 1}/3$; λ — лесистость водосбора, %; $\alpha = 1/3$; F — площадь водосбора, км²; $m = 1/4$ — для водосбора площадью от 100 до 20 000 км²; $m = 1/5$ — для водосбора площадью более 20 000 км²; $A = 1{,}22$; I — уклон водотока, ‰; γ — соотношение между продолжительностями спада и подъема половодья, определяемыми по таблице 7.12; τ — вре-

Указанная формула для расхода дождевых паводков применима при соблюдении условия

$$K_{\Phi} \leqslant 1{,}5K_{\Phi,а},$$

где K_{Φ}, $K_{\Phi,а}$ — коэффициенты формы водосбора соответственно для исследуемой реки и реки-аналога;

$$K_{\Phi} = L/F^{0,56},$$

L — длина реки от наиболее удаленной точки водосбора, км; F — площадь водосбора, км².

При несоблюдении этого условия используется иная формула с учетом морфометрических характеристик рек (не приводится).

При отсутствии рек-аналогов максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков определяют по редукционной формуле

$$Q_{р} = q_{200}\,(200/F)^{n_3}\,\delta\delta_2\delta_3\lambda_{р}F,$$

где q_{200} — модуль максимального мгновенного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ при $\delta=\delta_2=\delta_3=1$, приведенный к площади водосбора, равной 200 км², и определяемый интерполяцией с использованием изученных рек в исследуемом районе; $\lambda_{р}$ — переходный коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ к максимальным расходам воды другой вероятности превышения; определяется в зависимости от районов, выделенных при районировании территории СССР (табл. 7.11); δ_3 — коэффициент, учитывающий изменение параметра q_{200} с изменением средней высоты водосбора в горных районах.

Для водосборов площадью менее 50 км² в тундровой и лесной зонах и менее 100 км² в лесостепной зонах максимальные мгновенные расходы дождевых паводков принятой обеспеченности определяют по формуле предельной интенсивности стока с учетом гидрометрических характеристик русла, интенсивности осадков, продолжительности склонового и руслового добегания воды и других характеристик, изменяющихся по территории страны в широких пределах. Методика расчета и необходимые для него таблицы и карты изолиний приведены в СНиП 2.01.14—83.

Однако при проектировании осушительных систем этой инструкции недостаточно, так как при осушении земель возникают дополнительные требования к гидрологическим расчетам.

7.11. Значения переходного коэффициента $\lambda_{р}$

	Площадь водосбора F, км²	Вероятность превышения P, %						
		0,1	1	2	3	5	10	25
Северо-Западный район Нечерноземной зоны, Прибалтика	⩾0,1	1,5	1,0	0,85	0,77	0,67	0,55	0,36
	<0,1	1,4	1,0	0,76	0,69	0,60	0,50	0,32
Северный район Нечерноземной зоны	>0	1,4	1,0	0,90	0,86	0,80	0,69	0,50
Центральный район Нечерноземной зоны	⩾100	1,4	1,0	0,82	0,77	0,70	0,60	0,40
	0,1	—	1,0	0,82	0,68	0,48	0,32	0,21
Южная часть Нечерноземной зоны	>0	1,6	1,0	0,83	0,74	0,62	0,46	0,23
Западная Сибирь (бассейн р. Оби)	⩾1 000	1,45	1,0	0,86	0,79	0,70	0,56	0,38
	<1 000	1,55	1,0	0,84	0,75	0,62	0,46	0,26
Восточная Сибирь	>0	1,5	1,0	0,87	0,80	0,70	0,56	0,40
Дальний Восток	>0	1,8	1,0	0,80	0,71	0,56	0,38	0,20

Во-первых, на малых реках и осушительных каналах проявляются специфические особенности формирования стока, обусловленные местными условиями осушаемых объектов.

Во-вторых, для проектирования мелиоративных мероприятий необходимы дополнительные гидрологические расчеты по стоку воды, связанные с обеспечением оптимального водного режима на осушаемых землях, что отражено в региональных нормативах.

В-третьих, на осушаемых водосборах необходимо разрабатывать такие не предусмотренные СНиП категории стока, как сток предпосевного периода, расчетные гидрографы для использования стока на увлажнение и определения сроков и длительности затопления сельскохозяйственных угодий, режима работы осушительных систем, а также модули стока для расчета регулирующей осушительной сети.

Предпосевной сток — сток, соответствующий времени наступления оптимальных сроков весеннего сева сельскохозяйственных культур. Время наступления его зависит от типа почвы, сельскохозяйственной культуры и определяется методом А. И. Ивицкого по сумме весенней среднесуточной температуры воздуха.

Этим методом установлено, что оптимальные сроки весеннего сева и предпосевной сток на торфяных почвах наступают: для ранних яровых зерновых культур при сумме среднесуточной температуры воздуха $\Sigma t = 50\,^{\circ}C$, накопившейся от даты схода устойчивого снежного покрова, а при отсутствии его — от даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха из отрицательной в положительную; для луговых трав — при $\Sigma t = 130\,^{\circ}C$.

Посев ранних яровых зерновых при $\Sigma t = 130\,^{\circ}C$ снижает их урожай в среднем на 7%.

Если торфяные почвы осушаются под травы, то время наступления предпосевного стока принимается при накоплении $\Sigma t = 130\,^{\circ}C$. В севообороте с наличием яровых зерновых этот сток находится технико-экономическим расчетом, с учетом указанного снижения урожая на 7% при $\Sigma t = 130\,^{\circ}C$.

На минеральных почвах оптимальный срок сева яровых зерновых культур и предпосевной срок наступает: на легких почвах при $\Sigma t = 130\,^{\circ}C$, на средних — при $\Sigma t = 170\,^{\circ}C$ и на тяжелых — при $\Sigma t = 200\,^{\circ}C$.

Расчетный предпосевной сток при наличии данных агрометеорологических и гидрологических наблюдений устанавливают следующим образом: по данным агрометеонаблюдений определяют дату наступления предпосевного стока за каждый год наблюдений. На установленную дату, на предшествующую и последующую ей по гидрографу определяют расходы воды и вычисляют средний по ним модуль стока, строят кривую обеспеченности и по ней по нужной расчетной обеспеченности определяют расчетный модуль стока. Расчетный предпосевной расход воды должен пропускаться ниже бровки канала на 0,4...0,6 м.

При отсутствии гидрологических наблюдений расчетный предпосевной сток определяют по формуле А. И. Ивицкого:

$$q_{\text{п}} = \frac{11{,}5}{\kappa t_{\text{п}}(1+\gamma)}\left[2h_{\text{п}}\left(1-\frac{\tau}{\gamma t_{\text{п}}}\right)+h_0\right], \qquad (7.3)$$

где $q_{\text{п}}$ — модуль предпосевного стока, л/с с 1 км²; $h_{\text{п}}$ — поверхностный сток половодья (мм) определяется по карте стока половодья; h_0 — подземный сток за период половодья (мм), определяется по формуле $h_0 = 0{,}16h_{\text{п}} + 6$; $t_{\text{п}}$ — продолжительность подъема весеннего половодья (сут), определяется по формуле $t_{\text{п}} = \alpha t_{\text{с}} + AF^m/\sqrt[3]{I}$; $t_{\text{с}}$ — расчетная продолжительность снеготаяния (сут), определяется по формуле $t_{\text{с}} = 2\sqrt{h_{\text{п}}}\sqrt[4]{\lambda+1}/3$; λ — лесистость водосбора, %; $\alpha = 1/3$; F — площадь водосбора, км²; $m = 1/4$ — для водосбора площадью от 100 до 20 000 км²; $m = 1/5$ — для водосбора площадью более 20 000 км²; $A = 1{,}22$; I — уклон водотока, ‰; γ — соотношение между продолжительностями спада и подъема половодья, определяемыми по таблице 7.12; τ — вре-

7.12. Основные характеристики половодья

β+λ, %	Значение γ		β+λ, %	Значение γ	
	предельное	среднее		предельное	среднее
10	1,20...2,10	1,65	50	2,36...4,20	3,28
20	1,68...2,80	2,20	70	2,72...4,85	3,78
30	1,88...3,40	2,64	90	3,05...5,35	4,20
40	2,12...3,86	3,00	100	3,20...5,50	4,40

мя от пика половодья до наступления предпосевного стока, сут; $\kappa=0{,}8$ для выпуклых и $\kappa=1{,}35$ для вогнутых кривых спада половодья.

Сток предпосевного периода можно определить также по стоку на дату оптимального срока сева ранних яровых зерновых, на который рассчитывается осушительное действие и параметры каналов и рек-водоприемников. К началу весеннего сева осушительная сеть должна понизить уровни грунтовых вод на 0,4...0,6 м от поверхности земли. В соответствии с этим устанавливаются уровни воды и параметры сечений проводящей сети при пропуске расходов на дату начала сева — расходов предпосевного стока.

Оптимальная дата начала сева устанавливается из условия создания благоприятного водного режима на осушаемых землях и поэтому оценивается как биоклиматическая характеристика. Наиболее объективным критерием для установления даты начала посевного периода является весеннее возобновление вегетации озимых зерновых культур на полях с оптимальной влажностью почвы, обеспечение которой входит в задачу осушительных мелиораций. Выявлено, что этой дате соответствует накопление суммы среднесуточных температур воздуха $\Sigma t=60\,^{\circ}\mathrm{C}$, считая от даты схода снега или (при неустойчивом снежном покрове) от даты устойчивого перехода среднесуточных температур воздуха через 0 °С.

Иногда из-за гидроклиматических условий, особенностей конструкций осушительных систем и характера почв невозможно обеспечить оптимальную влажность на дату наступления Σt воздуха, равную 60 °С. Тогда сроком начала сева, лимитируемым водным режимом почвы, можно считать наступление мягкопластичного состояния почвы или даты накопления среднесуточных температур воздуха $\Sigma t=60\,^{\circ}\mathrm{C}$ для торфяных и легких минеральных почв, $\Sigma t=170\,^{\circ}\mathrm{C}$ для средних по механическому составу почв и $\Sigma t=200\,^{\circ}\mathrm{C}$ для тяжелых минеральных почв.

При наличии достаточного объема материалов гидрологических наблюдений из таблиц ежедневных расходов составляют ряды по стоку на начало посевного периода. Статистическая обработка их и установление расчетных параметров кривых обеспеченности — нормы Q, коэффициентов вариации C_v и асимметрии C_s, выполняют согласно СНиП.

Для бассейнов с неизученной гидрологической обстановкой разработаны различные по структуре формулы, строго привязанные к местным условиям и включающие различные характеристики водосборов. Эти формулы приведены в региональных нормативных документах по расчету предпосевного стока.

Дренажный сток зависит от гидрологоклиматических условий и осушительного действия дренажа. Его определяют по экспериментальным данным, полученным в различных регионах. Это обусловливает большое разнообразие и большой объем рекомендаций по количественным характеристикам дренажного стока q. Общим для всех рекомендаций является выбор расчетной обеспеченности модуля дренажного стока q_p %, которая принимается равной 10% или обосновывается оптимальными технико-экономическими показателями.

В период эксплуатации осушительных систем непрерывное осушительное действие дренажа при соответствующих уровнях грунтовых вод сопровождается отводом произвольных объемов вод, не увязанных с расчетным гидрологическим режимом. Это требует сравнения модуля дренажного стока по

условиям осушительного действия дрен q с гидрологическим модулем формирующихся в данных гидроклиматических условиях избыточных вод для отвода дренажем q_c. При этом должно соблюдаться условие $q \geqslant q_c$.

Модуль дренажного стока q_c устанавливается водно-балансовыми расчетами или уравнениями влагообмена в ненасыщенной и насыщенной зоне почвогрунтов по сочетанию в хронологическом ходе приходных и расходных элементов влаги в характерные по увлажненности годы или за многолетие.

Режимными водно-балансовыми расчетами определяются модули дренажного стока для влажных лет, когда создается опасность установления высоких уровней грунтовых вод (УГВ). Необходимые объемы сбросов через осушительную сеть h_c устанавливаются из условия непревышения требуемых глубин залегания грунтовых вод H_{min}. Используются данные по внутрисезонному распределению осадков и суммарного испарения в год принятой обеспеченности или в реальный расчетный год, а также количественные показатели по влагообмену зоны аэрации с УГВ. Расчет выполняется для последовательно сменяющихся интервалов непрерывного времени (сутки, пятидневки, декады), начиная от предпосевного периода. Уравнения имеют вид

$$h_c = (H_{min} - H_к)\, 10/K, \tag{7.4}$$

где $H_к$ — УГВ к концу расчетного интервала, см; K — коэффициент подъема УГВ (величина, обратная свободной пористости); h_c — слой небходимого сброса за расчетный интервал времени, мм.

Значение $H_к$ определяется уровнем грунтовых вод $H_н$ на начало расчетного интервала, а также приходом и расходом влаги за этот же интервал, которые вызывают изменение уровня, ΔH_1:

$$H_к = H_н - (\pm \Delta H_1) + \Delta H_2, \tag{7.5}$$

где ΔH_1 — полученное по водно-балансовым расчетам повышение УГВ (>0) или понижение (<0) за расчетный интервал; ΔH_2 — понижение УГВ под влиянием стока (осушительное действие каналов и влагообмен со смежной территорией).

Повышение уровня ($+\Delta H_1$) в результате формирования на осушаемой территории вод обусловливается накоплением их в зоне аэрации сверх максимального равновесного влагосодержания. Этот избыток C определяется уравнением

$$C = W_н + P - E - W_v. \tag{7.6}$$

Понижение уровня ($-\Delta H_1$) определяется расходом грунтовых вод на подпитывание зоны аэрации, то есть величиной $V_р$.

$$V_{max} \geqslant V_р \leqslant W_v - W_н - P + E \geqslant 0. \tag{7.7}$$

Случай, когда $C<0$, указывает на отсутствие инфильтрации при наличии аккумулирующей емкости $W_{ак}$. Тогда $C=0$. Здесь $W_н$ — влагозапасы зоны аэрации на начало расчетного интервала, мм; W_v — предельное равновесное влагосодержание зоны аэрации, мм; P, E — соответственно осадки и испарение за расчетный интервал, мм.

Изменение УГВ под влиянием внутреннего водного режима ΔH_1 определяется по зависимостям:

$$\Delta H_1 = CK/10 \text{ при } C > 0 \text{ (повышение УГВ)}, \tag{7.8}$$

$$\Delta H_1 = -V_р K/10 \text{ при } C \leqslant 0 \text{ (понижение УГВ)}. \tag{7.9}$$

Методики расчетов составляющих уравнений изложены в региональных нормативных документах.

7.4. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕМОВ ВОДОХРАНИЛИЩ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Цель водохозяйственных расчетов — определение потребности в воде и анализ возможности ее удовлетворения водоисточником.

В водохозяйственных расчетах для обоснования объемов водохранилищ осушительно-увлажнительных систем используется сток только в пределах одного гидрологического года (сезонное регулирование). Водопотребление должно назначаться таким образом, чтобы оно не превосходило стока наиболее маловодного года или, по крайней мере, стока «расчетного года», то есть годового стока 95%-ной и 75%-ной обеспеченности.

Водохозяйственными расчетами определяют следующие данные:

расчетный годовой график притока; при наличии длительного периода наблюдений используется метод реальных лет, а при отсутствии — метод аналогии с использованием материалов кратковременных наблюдений;

объемы воды на пропитку ложа водохранилища в период его наполнения W_1 (тыс. м³);

объемы водопотребления на увлажнение сельскохозяйственных культур по месяцам R (тыс. м³);

объемы воды на пополнение убыли воды из водохранилища на испарение E (тыс. м³), фильтрацию и просачивание через затворы водосбросного сооружения U (тыс. м³);

объемы санитарных попусков, назначаемых не ниже минимальных среднемесячных расходов маловодного года с повторяемостью один раз в 20 лет или в объеме 75%-ного годового стока 95%-ной обеспеченности.

Приведенные исходные данные и их распределение по месяцам в разрезе расчетного года позволяют определить необходимый полезный объем водохранилища. При этом могут быть два случая водохозяйственных расчетов: с обоснованием объемов воды на водопотребление с фиксированной отметкой нормального подпорного уровня (НПУ), то есть с известным полезным объемом воды (прямая задача); с обоснованием полезного объема воды по известным кривым притока и потребления (обратная задача).

Водохозяйственные расчеты с фиксированной отметкой НПУ. Вначале назначают уровень мертвого объема (УМО) и определяют мертвый объем (МО). Затем определяют необходимый полезный объем водохранилища до НПУ.

Отметку НПУ принимают согласно топографической характеристике водохранилища с учетом длины плотины, зон подтопления и мелководья, наличия населенных пунктов и экономических соображений.

Топографическая характеристика представляет выражение зависимости основных показателей водохранилища от уровня воды в нем (рис. 7.4):

$$V = f(H),$$

$$F = f(H),$$

где V — объем воды в водохранилище, тыс. м³; F — площадь водной поверхности, м²; H — уровень воды в водохранилище, м.

Площадь F, ограниченную соответствующими горизонталями, определяют планиметрированием. Объем водохранилища вычисляют по формуле

$$V = \frac{1}{2}(F_1 + F_2)\,\Delta H,$$

где F_1 и F_2 — площади, заключенные между соседними горизонталями, м²; ΔH — вертикальное расстояние между горизонталями, м.

Мертвый объем $W_{м.о}$ — несрабатываемая в нормальных условиях эксплуатации часть емкости водохранилища, ограниченная сверху УМО. Величину $W_{м.о}$ определяют расчетами на заиление, санитарно-техническими требованиями и другими водохозяйственными соображениями.

Рабочий, или полезный, объем — используемая для регулирования часть емкости, расположенная над УМО и ограниченная сверху НПУ.

Наличие исходных вышеназванных данных позволяет выполнить расчет сезонного регулирования полезного объема водохранилища.

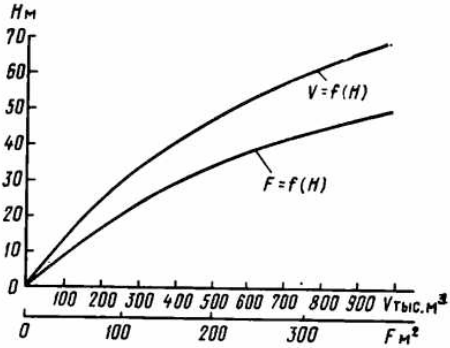


Рис. 7.4. Характеристики водохранилища.

Начало расчетного водохозяйственного года совмещается, как правило, с началом половодья, точнее, с моментом, когда приток начинает превышать потребление. Такое разделение года наиболее удобно, так как позволяет яснее выделить периоды недостатка и избытка стока.

Расчетный год делят на интервалы, обычно равные одному месяцу, для которых вычисляют объемы стока и потребления; вычитанием определяют объем избытка или недостатка стока за каждый интервал, а затем путем суммирования — объемы избытка или недостатка за целые периоды. Все расчеты ведутся в табличной форме (табл. 7.13).

Недостатки объемов воды покрываются сработкой полезной емкости водохранилища. В этом случае орошаемая площадь определяется исходя из возможной водоотдачи воды водохранилищем.

Водохозяйственные расчеты с обоснованием полезного объема воды по известным кривым притока и потребления. Необходимый полезный объем водохранилища W определяется наличием суммарных кривых притока и потребления. Совмещенные кривые суммарного притока W (кривая OA) и суммарной кривой постоянного потребления ω (прямая OB) за расчетный период приведены на рисунке 7.5.

Суммарный сток (объем стока) за расчетный период больше суммарного потребления ($AC > BC$), следовательно, покрыть заданное потребление можно. В средней части периода расход притока меньше расхода потребления, так как наклон кривой W меньше наклона кривой ω; однако бытовые расходы реки в это время не покрывают потребление, и необходимо регулирование стока.

Точное время начала и конца периода недостатка притока получаем, проведя к кривой W касательные $O'B'$ и $O''B''$, параллельные ω. Верхняя

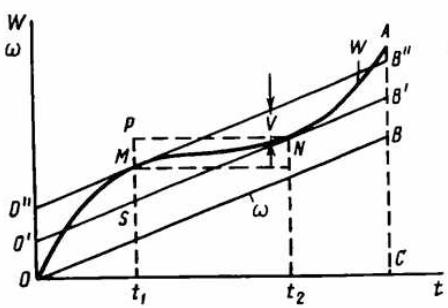


Рис. 7.5. Графический расчет полезного объема водохранилища.

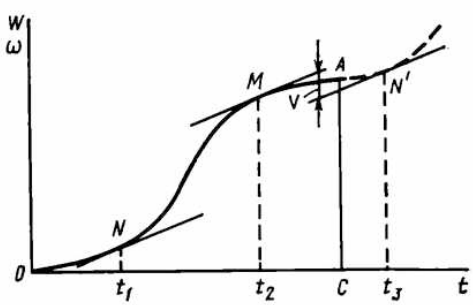


Рис. 7.6. Периоды избытка и недостатка стока.

7.13. Расчет водохозяйственного баланса водохранилища Рудея в год 75%-ной обеспеченности

Расчетные элементы	Месяц								
	03	04	05	06	07	08	09	10	03...10
Приток р. Рудеи, тыс. м³	12 380	5 180	1 770	960	720	320	1 350	1 820	24 500
Приток р. Ильменки, тыс. м³	1 428	554	134	67	54	35	93	142	2 507
Испарение, тыс. м³	—	—	103	161	117	124	35	46	586
Фильтрация через тело и основание плотины, тыс. м³	46	64	67	62	56	43	42	50	430
Фильтрация в берега, тыс. м³	10	12	12	12	11	9	9	10	85
Просачивание через неплотности затворов, тыс. м³	44	42	44	42	44	44	42	44	346
Орошение сельскохозяйственных угодий, тыс. м³	—	—	432	1 295	1 294	1 295	—	—	4 316
Суммарное водопотребление, тыс. м³	100	118	658	1572	1522	1 515	128	150	5 763
Наполнение (+), сработка (—), тыс. м³	+4 619	—	—	—656	—870	1 295	+1 184	—2 982	∓5 803
Холостые сбросы, тыс. м³	9 089	5 616	1 246	—	—	—	—	4 794	20 745
Объем воды в водохранилище, тыс. м³	4 103	4 103	4 103	3 447	2 577	1 282	2 466	—	—
Площадь водной поверхности, га	258	258	258	238	194	120	182	—	—
Уровень ниже НПУ, м	0	0	0	0,25	0,65	1,50	0,75	—	—
Дополнительный санитарный попуск, тыс. м³	—	—	—	111	122	135	131	—	499

точка касания M дает начало периода дефицита или момент начала работы водохранилища; нижняя точка касания N — конец периода с дефицитом, или конец работы водохранилища.

Отрезок MR выражает приток за время от t_1 до t_2, отрезок RS — потребление за тот же период. Отрезок $MS=RS—RM$ выражает объем недостатка притока за период от t_1 до t_2, то есть за период работы водохранилища, а отсутствие других недостач за рассматриваемый период говорит о том, что найденный объем MS и выражает полезный объем водохранилища V.

Взаимное расположение этих касательных имеет существенное значение (рис. 7.6). Вертикальное расстояние между касательными к точкам N и M выражает избыток стока за время от t_1 до t_2, поэтому оно не может служить мерой полезного объема водохранилища.

Полезный объем определяется расстоянием между касательными к точкам M и N'.

При построении касательных с целью определения полезного объема водохранилища сначала (по ходу времени) проводят верхнюю, а затем нижнюю касательную.

7.5. ВЫБОР РАСЧЕТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Под расчетной обеспеченностью понимается норматив обеспеченности (%) гидрологических величин, принимаемый при проектировании водохозяйственных мероприятий и гидротехнических сооружений.

Согласно СНиП II-52—74 п. 5.6, при площади осушаемых земель до 2 тыс. га допускается рассчитывать осушительную сеть на пропуск расходов 10%-ной обеспеченности весеннего половодья, предпосевного, дождевых паводков и меженного периода. В других случаях обеспеченность расчетных расходов по периодам работы принимается в зависимости от сельскохозяйственного использования на основании технико-экономических расчетов в со-

7.14. Обеспеченность расчетных расходов и условия их пропуска для водоприемников и проводящих каналов осушительных систем площадью до 2 тыс. га

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Расчетные расходы	Условия пропуска расчетных расходов	Обеспеченность, %
Полевые севообороты с озимыми культурами (вне поймы)	Весеннего половодья	В бровках	10
	Летне-осеннего паводка	С запасом от бровок 0,3 м	10
Полевые севообороты без озимых культур	Предпосевной	С запасом от бровок канала 0,6 м	10
Пастбища	Летне-осеннего паводка	С запасом от бровок 0,3 м	10
Сенокосы	Летне-осеннего паводка	В бровках	10
Овощные севообороты	Предпосевной	С запасом от бровок канала 0,8 м	5
	Летне-осеннего паводка	С запасом от бровок 0,5 м	5
Сады	Весеннего половодья	В бровках	5
	Летне-осеннего паводка	С запасом от бровок 0,5 м	5
Для всех видов использования земель	Средне-меженный	Обеспечение бесподпорной работы впадающей сети	50
Поймы	То же	То же	30...40

7.15. Расчетная обеспеченность стока при оптимальном варианте сельскохозяйственного использования осушаемых земель

Сельскохозяйственное использование земель	Расчетная обеспеченность (%) при	
	максимальном стоке весеннего половодья	стоке на предпосевной период
В системе севооборота с озимыми культурами	25	10
В системе севооборотов с яровыми зерновыми культурами (без озимых)	25	15
Преимущественно под многолетние травы (до 70...90%)	40	25

ответствии с ВТР П-8—76. В таблице 7.14 приведены скорректированные значения обеспеченности расчетных расходов и условия их пропуска для водоприемников и проводящих каналов осушительных систем. Для более крупных систем эти показатели определяют технико-экономическим расчетом.

Для условий, когда расчетные расходы половодий больше летних паводков, чем характерны водоприемники Белорусского Полесья и значительной части Нечерноземной зоны РСФСР, В. Ф. Шебеко и П. И. Закаржевский провели технико-экономические расчеты по вариантам осушительной сети. При этом выполнено условие А. Д. Саваренского — процент обеспеченности (за исключением особых случаев) не задается, а, наоборот, устанавливается в результате проведения проектных работ. При самотечном осушении без существенного транзитного стока по водоприемнику при любом виде сельскохозяйственного использования земель рекомендуемые минимальные по конструктивным соображениям размеры сети соответствуют пропускной способности сечений максимума весеннего половодья 1%-ной обеспеченности. В таблице 7.15 приведена расчетная обеспеченность стока для оптимальных вариантов сельскохозяйственного использования земель, по которым получены наилучшие технико-экономические показатели при самотечном осушении и транзитном стоке по водоприемнику.

Для условий Северо-Западного района РСФСР (А. И. Климко, И. М. Кривоносов) расчетную обеспеченность составляющих водного баланса, расходов и уровней при проектировании осушительной сети рекомендуется принимать по таблице 7.16.

Гидрологические расчеты при проектировании систем проводят по периодам, указанным в таблице 7.17, которая составлена для этого района на основе учета биологических особенностей сельскохозяйственных культур.

7.16. Расчетная обеспеченность (%) расходов и уровней воды при проектировании осушительных систем

Сельскохозяйственное использование мелиорируемых земель	Удельный вес осушаемых угодий к общей площади сельскохозяйственных угодий в хозяйстве		
	до 15%	15...40%	более 40%
Полевые севообороты	15	10	5
Овощные севообороты	10	5	3
Сенокосы сеяные	15	10	10
Многолетние травы для травяной муки	15	10	5
Орошаемые пастбища	15	10	5
Сады	10	10	5

Примечание. Проценты можно изменять при соответствующем технико-экономическом обосновании.

7.17. Расчетные периоды для определения расходов и уровней воды при проектировании осушительных систем

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Расчетный период	Расчетные расходы и уровни воды
Полевые севообороты:		
с озимыми культурами	Весенний, летне-осенний	Максимумы весеннего половодья и летне-осеннего периода
без озимых культур	Предпосевно-весенний, летне-осенний	Средние за пятидневку, третий день которой соответствует дате мягкопластичного увлажнения, максимум летне-осеннего периода
Сенокосы	Возобновление вегетации, весенний, летне-осенний	При осушении пойм — среднее за пятидневку после окончания затопления. При осушении прочих земель — среднее за пятидневку, третий день которой соответствует дате перехода температуры воздуха через +5 °С, максимум летне-осеннего периода
Пастбища	Начало выпаса скота, летне-осенний	Среднее за пятидневку начала выпаса скота, максимум летне-осеннего периода

Для условий Прибалтики расчетная обеспеченность разработана ВНИИ-водполимер (П. Б. Свиклис). Обеспеченность максимальных расходов водоприемников и проводящих каналов определена путем сравнительной экономической оценки технических вариантов осушения. Для условий Латвийской ССР рекомендованы следующие расчетные обеспеченности максимума половодья: для пахотных земель и культурных пастбищ на поймах и низинах 5%-ная, на площади с волнистым рельефом 10...25%-ная.

Для Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР расчетная обеспеченность бытового стока в поймах рек определена ВНИИГиМ (А. Б. Преображенский). На основе технико-экономических расчетов при коэффициенте эффективности, равном 0,1, вертикальное сопряжение осушительной сети с водоприемником целесообразно выполнять по бытовым уровням воды водоприемника 10...15%-ной обеспеченности.

Расчетная обеспеченность во всех региональных технико-экономических обоснованиях увязывается с водным режимом осушаемых земель. Под расчетной обеспеченностью в данном случае понимается процент лет из многолетнего периода, в течение которых не обеспечивается оптимальный водный режим мелиорируемых земель для запроектированного севооборота при нормативном коэффициенте экономической эффективности осушения.

Наиболее полно гидрологические параметры увязываются с водно-тепловым режимом осушаемых открытыми каналами земель в технико-экономических расчетах, выполненных ВНИИГиМ (С. А. Петухов) для условий Западной Сибири (рис. 7.7).

В соответствии с природно-климатическими (ПКУ) и производственными условиями (ПУ), а также видом сельскохозяйственного использования осушаемых земель (СХИ) выбирается тип мелиоративной системы ($МС^i$). Определение расчетной обеспеченности распадается на две части.

Первая часть. По заданной обеспеченности стока ($P_1{}^i$) для проводящей сети ($ПС^i$) находятся расчетные модули стока ($РМ^i$) и уровни ($РУ^i$). Определяются сроки проведения сельскохозяйственных работ в весенний период. Нарушение соответствия между сроками и расчетными гидрологическими показателями ведет к задержке сева, сокращению вегетации и в конечном итоге к потерям урожая $\Delta У^i$. Рассматриваемому варианту обеспеченности стока соответствуют размеры проводящей сети, гидротехнических со-

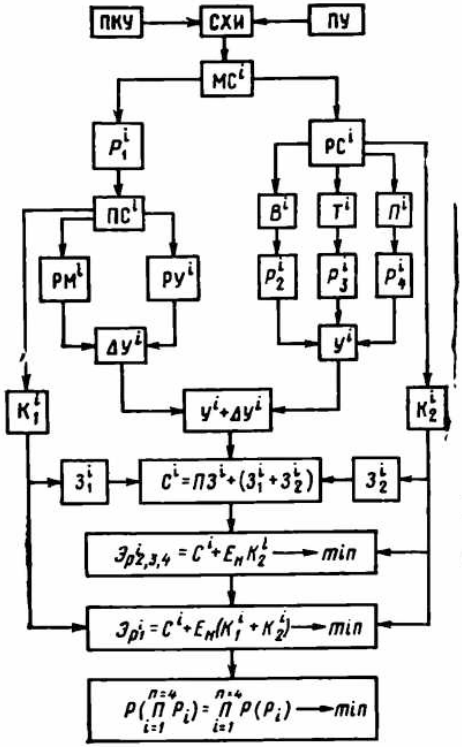


Рис. 7.7. Схема выбора расчетной обеспеченности режима работы осушительных систем.

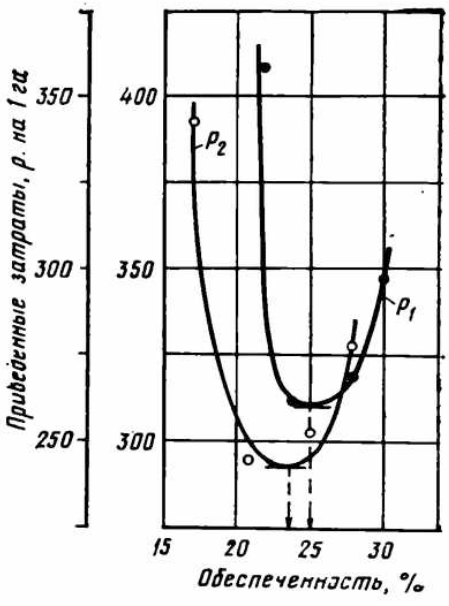


Рис. 7.8. Расчетная обеспеченность максимума весеннего половодья (P_1) и запасов влаги в 0,3 м слое торфа за вегетационный период (P_2).

оружений на ней, а также их стоимость (K_1^i), в которую включают и стоимость культуртехнических работ.

Вторая часть. Назначается вариант регулирующей сети ($РС^i$), которая создает водный (B), тепловой (T) и пищевой ($П$) режимы, соответственно характеризующиеся обеспеченностями (P_2^i, P_3^i, P_4^i). Каждому варианту регулирующей сети соответствуют капитальные вложения (K_2^i). Режимы определяют урожайность сельскохозяйственных культур ($У^i$). По суммарной урожайности ($У^i+\Delta У^i$) находят себестоимость сельскохозяйственной продукции (C^i), включающую производственные затраты ($ПЗ^i$) и затраты на эксплуатацию проводящей ($Э_1^i$) и регулирующей сети ($Э_2^i$).

Определяют приведенные затраты ($Э_р$) для каждого варианта. Минимум приведенных затрат соответствует расчетной обеспеченности рассматриваемых режимов. Если минимумы по вариантам имеют примерно одинаковые значения, то варианты дополнительно анализируют по качеству продукции, показателю затрат, приросту чистого дохода и эксплуатационным расходам.

Выполненные в качестве примера расчеты по осушительным системам Омской области показывают, что минимум приведенных затрат по системе в целом при разных вариантах регулирующей сети дает расчетную обеспеченность максимума весеннего половодья в пределах 22...30%, запасов влаги в почве — 15...28 и температуры торфа 26...78%. На рисунке 7.8 показано, что минимум приведенных затрат при возделывании многолетних трав на сено получается, когда расчетная обеспеченность максимума весеннего половодья равна 25%, запаса влаги за вегетационный период в почве — 24%.

причем этим показателям соответствует расчетная обеспеченность температуры почвы 49%.

Согласно ВТР-П-8—76 (п. 12.8), при проектировании мероприятий по увлажнению осушаемых земель расчетная обеспеченность расходов, уровней воды, осадков и режима увлажнения принимается по условиям вегетационного периода 75%-ной для зоны избыточного и переменного увлажнения и 85%-ной для зоны недостаточного увлажнения. По СН 435—72 к зоне недостаточного увлажнения относится территория, расположенная между изолиниями 0 и 0,5 л/с·км², причем расчетная обеспеченность режима увлажнения фактически принимается по обеспеченности минимальных расходов воды (п. 6.3, СН 435—72), что является недостатком этих нормативов. Поэтому в проектах допускается принимать другую обеспеченность, обоснованную технико-экономическими расчетами.

Для условий Латвийской ССР ВНИИводполимер (П. Б. Свиклис) на основе технико-экономических расчетов определены обеспеченности осадков для осушительно-увлажнительных систем на культурных пастбищах. Они равны: для песчаных почв 65...75%, для окультуренных супесчаных и сугли-нистых почв 80...85%, для низинных средних и мощных торфяников 90...95%, а маломощных — 80...90%.

Расчетная обеспеченность мелиоративных систем все чаще определяется на основе технико-экономической оценки вариантов инженерных решений, а нормативная — принимается только при предпроектных разработках.

Глава 8. ОТКРЫТАЯ РЕГУЛИРУЮЩАЯ СЕТЬ

8.1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Открытую регулирующую сеть применяют в основном для осушения естественных сенокосов без использования их под выпас, при содержании в грунтовых водах более 10 ... 14 мг/л закисного железа, для предварительного осушения болот с близким залеганием уровней грунтовых вод с последующим выполнением культуртехнических работ и строительством закрытого дренажа, для осушения низинных болот, подстилаемых на глубине 1,5 ... 2,5 м хорошо водопроницаемыми почвогрунтами с коэффициентами фильтрации более 1 м/сут при уклонах поверхности менее 0,001, на почвогрунтах с наличием на глубине менее 1 м скальных пород и большого количества камней.

Открытая регулирующая сеть подразделяется на осушители, обеспечивающие понижение уровня грунтовых вод на необходимую глубину, а также на собиратели и ложбины, которые устраивают на тяжелых почвах для своевременного отвода избыточных поверхностных вод.

При проектировании регулирующей сети в плане необходимо:

располагать сеть по возможности под острым углом к горизонталям или гидроизогипсам, что обеспечивает наиболее интенсивный отвод избыточных грунтовых и поверхностных вод;

принимать длину каналов регулирующей сети при уклонах местности менее 0,0005 до 700 м, при уклонах более 0,0005 до 1,500 м; назначать уклон дна каналов близким к уклону поверхности; устанавливать максимальный уклон дна каналов из условий неразмываемости русла при прохождении расходов весеннего половодья и летне-осенних паводков, а минимальный уклон — равным 0,0003;

соблюдать параллельность друг другу каналов систематической регулирующей сети; сопрягать каналы регулирующей сети с проводящими каналами под углом, близким к 90°, целесообразно впадение каналов регулирующей сети в проводящие каналы с двух сторон;

совмещать при осушении пойменных земель каналы открытой регулирующей сети с направлением движения паводковых вод;

размещать истоки каналов регулирующей сети на меньшей, а устья на большей толщине слоя торфа.

При проектировании регулирующей сети в вертикальной плоскости необходимо дно регулирующих каналов располагать выше дна проводящего канала (на 10 см), для которого не делали гидравлический расчет, или ниже (до 10 см) уровня меженных вод в том же канале, для которого выполнен гидравлический расчет.

8.2. ПАРАМЕТРЫ ОТКРЫТОЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ

Поперечные сечения каналов открытой регулирующей сети принимают трапецеидальной формы и расчетом не определяют, их параметры устанавливают конструктивно в зависимости от типов почвогрунтов (табл. 8.1) и используемых механизмов.

8.1. Конструктивные размеры поперечных сечений открытых регулирующих каналов

Почвогрунт	Глубина, м	Ширина по дну, м	Коэффициент заложения
Торф мощностью 0,7 м и более (независимо от типа и степени разложения)	1,5	0,4...0,6	1,0...1,5
Глина, тяжелый и средний суглинок, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими почвогрунтами	1,0...1,2	0,4...0,6	1,0...1,5
Легкий суглинок, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый легким суглинком	1,2	0,4...0,6	1,0...1,5
Супесь, мелкозернистый (частиц от 0,25 до 1,1 мм более 50%) и среднезернистый (частиц 0,25...0,50 мм более 50%) песок, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими почвогрунтами	1,2	—	1,5...2,5
Крупнозернистый песок (частиц 0,5...2,0 мм более 50%), торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими почвогрунтами	1,2	—	1,5...2,0
Мелкозернистый песок и пылеватый суглинок (частиц 0,005...0,05 мм более 50%)	1,2	0,8...1,0	2,5...4,0

Примечание. Глубина каналов указана после осадки торфов.

Расстояние между каналами регулирующей осушительной сети принимают по расчету или по рекомендациям научно-исследовательских и опытных учреждений.

Расстояния между открытыми каналами при использовании осушаемой территории под луга приведены в таблице 8.2.

При осушении слабоводопроницаемых почв расстояния между открытыми каналами, если нет рекомендаций научно-исследовательских институтов, принимают по таблице 8.3, умножая их на региональный коэффициент (рис. 8.1).

8.2. Расстояния (м) между открытыми собирателями при осушении естественных лугов

	Уклон		
	<0,0005	0,0005...0,002	0,002...0,01
Архангельская, Мурманская, Вологодская области, Коми АССР и Карельская АССР	60...80	80...100	100...150
Ленинградская, Новгородская, Псковская области	80...100	100...150	150...200
Кировская, Пермская, Свердловская области, Удмуртская АССР	100...150	150...200	200...250
Московская, Калининская, Владимирская, Ярославская, Горьковская области	120...180	180...250	250...300

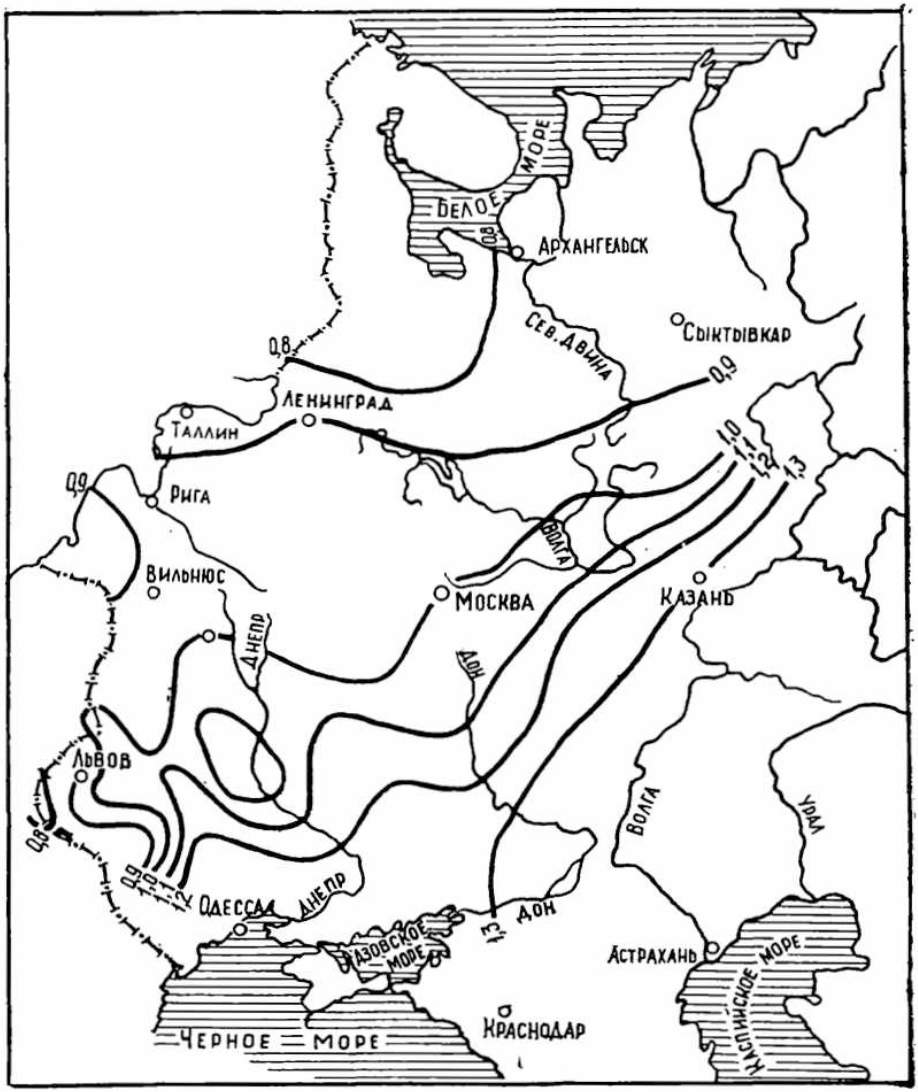


Рис. 8.1. Карта изолиний поправочного коэффициента для определения расстояний между каналами регулирующей сети.

Расстояния между каналами открытой регулирующей сети при осушении земель, используемых под искусственные сенокосы и лугопастбищные севообороты, составляют: на низинных торфах 70 ... 100 м, на верховых торфах 50 ... 60 м, на средних суглинках 60 ... 70 м, на легких суглинках 70 ... 80 м, на супесях 80 ... 90 м и на песках 90 ... 120 м.

Эти расстояния следует принимать с учетом региональных особенностей. Меньшие расстояния между каналами принимают для болот с более глубокой торфяной залежью при заболачивании почвогрунтов напорными водами.

Расстояния между каналами регулирующей сети в условиях Приамурья и Приморья следует принимать по таблице 8.4.

8.3. Расстояния (м) между открытыми каналами при осушении слабоводопроницаемых почв в Нечерноземной зоне ЕТС

Характер сельскохозяйственного использования	Уклон поверхности			
	<0,0005	0,0005...0,002	0,002...0,01	>0,01
Искусственные сенокосы	60...80	—	—	—
Полевые и овощные севообороты:	60...80	—	—	—
при кротовании	—	80...100	100...150	150...200
при глубоком рыхлении	—	100...120	100...120	120...150

Примечание. Меньшие расстояния принимают на тяжелых грунтах и при наличии оторфованности почв.

8.4. Расстояния (м) между каналами регулирующей сети в Приамурье и Приморье

Тип почвы	Сельскохозяйственное использование	
	пашня	сенокосы
Тяжелые слабоводопроницаемые:		
буро-подзолистые, буро-таежные мерзлотные	250...300	250...300
луговые глеевые бесструктурные	—	150...300
Тяжелые оструктуренные:		
луговые глеевые оструктуренные	100...200	150...300
лугово-бурые	250...300	250...300

Открытые каналы в условиях Приамурья и Приморья при возделывании пропашных культур рекомендуется сочетать с грядами и гребнями. При возделывании зерновых, на пастбищах и сенокосах открытая осушительная сеть дополняется мероприятиями по ускорению поверхностного стока.

Под полевые, прифермские и овощные севообороты открытую осушительную сеть можно применять только как временную, расстояния между каналами определяют расчетом.

8.3. СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ СЕТЬ ГЛУБОКИХ РЕДКИХ КАНАЛОВ. ТАЛЬВЕГОВЫЕ КАНАЛЫ

Система глубоких редких каналов применяется при осушении торфяников мощностью 1,5 ... 2,5 м, подстилаемых хорошо фильтрующими почвогрунтами. Каналы располагают поперек потока грунтовых вод и заглубляют в водопроницаемый грунт на 20 ... 50 см и более. При этом осушаемые торфяные почвы целесообразно использовать под пастбища и сенокосы. Глубокие редкие каналы следует применять на низинных болотах с торфами, в которых поперечные профили каналов относительно устойчивы. Для увлажнения в засушливые периоды на каналах устраивают шлюзы. В районах не-

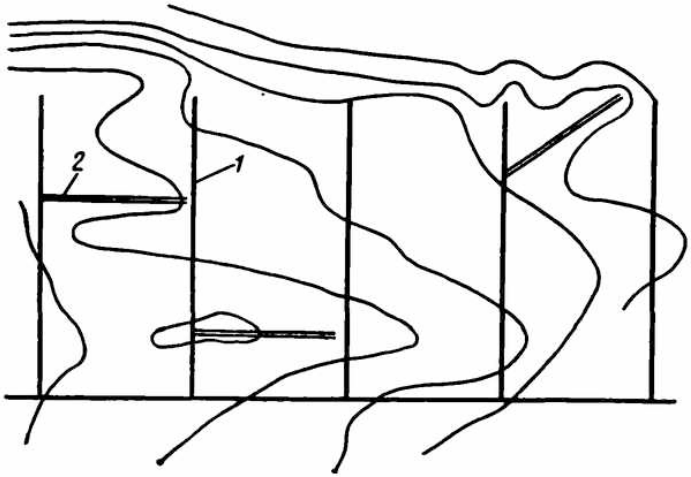


Рис. 8.2. Сеть открытых каналов в сочетании с выборочными ложбинами:
1 — открытые каналы; *2* — выборочные ложбины.

устойчивого увлажнения необходимо предусматривать поверхностное увлажнение или дождевание.

Недостатки осушения глубокими редкими каналами — неравномерность водного режима на осушаемой площади, возможность переосушения почв и низкая устойчивость откосов каналов.

При осушении узких заболоченных площадей, расположенных между повышенными элементами рельефа, применяют тальвеговые каналы глубиной 1,2 ... 1,5 м. Их располагают по пониженным элементам рельефа. По обеим сторонам каналов в кавальерах устраивают водопропускные воронки (прорези для сброса поверхностных вод). Тальвеговые каналы должны иметь достаточную пропускную способность, изгибы их в плане должны быть не менее 120°. В углах поворотов каналы трассируют по плавным кривым.

8.4. ИСКУССТВЕННЫЕ ЛОЖБИНЫ

Ложбины представляют неглубокие — от 10 см в истоке и до 40 ... 45 см в устье — каналы с заложением откосов 1 : 8—1 : 10. Ложбины устраивают на глинистых и суглинистых почвах, используемых в основном под луга и пастбища, с целью ускорения поверхностного стока (рис. 8.2). Размещают их преимущественно по тальвегам (выборочная сеть).

Поперечное сечение ложбин — трапецеидальной или треугольной формы. Длина ложбин 400...500 м, минимальные уклоны их дна 0,0008...0,004.

Русла ложбин засевают травосмесью, что обеспечивает беспрепятственный переезд через них сеноуборочных и других сельскохозяйственных машин и позволяет осуществлять механизированную косьбу трав. При залужении ложбин следует применять наиболее влаголюбивые и устойчивые многолетние травы; для откосов — тимофеевку луговую и лисохвост, для дна — бекманию, канареечник, кострец безостый.

Ложбины залужают путем разрыхления грунта в русле дисковыми боронами, внесения удобрений туковой сеялкой, предпосевного прикатывания водоналивным катком и посева трав с последующим прикатыванием.

В том случае, когда ложбина на пахотных землях врезается в почвогрунты, подстилающие гумусовый горизонт, сначала по ее трассе снимают

последний на 15 ... 20 см. Затем выполняют ложбину глубиной, увеличенной на толщину снятого слоя. После этого разравнивают гумусовый грунт равномерным слоем по ложбине.

Устья ложбин в местах сопряжений с каналами обычного профиля крепят дерниной, булыжником и другими материалами. Устьевые части ложбин при строительстве их грейдером доделываются бульдозером.

8.5. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОСУШЕНИЕ

Предварительное осушение осуществляется временной сетью открытых каналов для отвода грунтовых вод и осушения верхнего слоя торфяника в целях обеспечения качественного строительства закрытой осушительной сети.

Предварительное осушение предусматривается в следующих случаях: при близком залегании уровней грунтовых вод к поверхности, без понижения которых невозможно строительство закрытой осушительной сети; при высокой увлажненности территории, затрудняющей проведение культуртехнических работ до строительства закрытого дренажа; при наличии замкнутых переувлажненных западин, для понижения грунтовых вод вдоль трасс закрытых коллекторов или на наиболее низких элементах рельефа; при первичном осушении болот в качестве пионерных мероприятий для сброса запасов болотных вод.

Открытые каналы для предварительного осушения рекомендуется располагать под углом, близким к прямому по отношению к горизонталям поверхности, параллельно трассам коллекторов на расстоянии 4 ... 7 м от последних. Глубину каналов на мощных торфяниках принимают 1,6 ... 2,2 м, ширину по дну — равной ширине рабочего органа землеройной машины.

При проектировании временной сети открытых каналов в целях предварительного осушения необходимо:

иметь план с основной осушительной сетью и временной предварительной сетью, подлежащей заравниванию (как правило, каналы предварительного осушения не должны пересекать трасс закрытой осушительной сети);

протрассировать временную осушительную сеть в плане по наиболее пониженным местам для сброса поверхностных и грунтовых вод;

предусмотреть, что отвалы грунта и кавальеры при строительстве каналов для предварительного осушения не разравниваются, а укладываются с низовой стороны.

Кроме того, при проектировании каналов временной открытой сети можно не соблюдать параллельность каналов в плане.

Глава 9. ЗАКРЫТАЯ РЕГУЛИРУЮЩАЯ СЕТЬ

9.1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Закрытый дренаж — наиболее эффективный способ осушения при интенсивном сельскохозяйственном использовании земель. В системе закрытого дренажа закрытой является прежде всего регулирующая сеть. При этом проводящая сеть частично или даже полностью может быть представлена каналами.

Закрытая регулирующая сеть — обязательный способ осушения земель под полевые и овощекормовые севообороты, технические культуры, сады, ягодники и пастбища (за исключением районов Севера).

Различают дренажную закрытую осушительную сеть, понижающую уровень инфильтрационных, грунтовых и грунтово-напорных вод, собирательную, обеспечивающую отвод воды с поверхности поля и из пахотного слоя, а также сеть кротовых и щелевых дрен.

Дренажную сеть устраивают при осушении болот, минеральных земель при коэффициенте фильтрации почвогрунтов более 0,01 м/сут с грунтовым и грунтово-напорным, смешанным и намывным питанием. Сеть закрытых собирателей делают при осушении минеральных слабоводопроницаемых почвогрунтов атмосферного типа водного питания при коэффициенте фильтрации 0,01 м/сут и менее.

Для устройства дрен и закрытых собирателей применяют дренажные трубы различных конструкций. Особенности конструкции дренажных труб, дрен и закрытых собирателей изложены в главе 10, а скважин вертикального дренажа, также являющихся элементами закрытой регулирующей сети, — в главе 12.

Каменный и фашинный дренаж, при которых дренажную траншею не менее чем на 0,4 ... 0,6 м заполняют крупным камнем или связками хвороста (фашинами), а затем вынутым грунтом, в настоящее время практически не применяют.

Сеть кротовых и щелевых дрен устраивают, как правило, для усиления осушающего действия дренажа и закрытых собирателей. Кротовые и щелевые дрены относятся к беструбчатым конструкциям.

Кротовая дрена представляет цилиндрическую полость в грунте, образованную при протаскивании на глубине 0,5 ... 0,8 м специального орудия — дренера. Его диаметр 5 ... 7 см для минеральных грунтов и 12 ... 15 см для торфяных. Расстояние между кротовыми дренами обычно назначают 6 ... 10 м. Их прокладывают под углом 60 ... 90° по отношению к трубчатому дренажу или открытой сети.

Кротовый дренаж применяют на слабоводопроницаемых кротоустойчивых грунтах при отсутствии камней. На торфах его прокладывают при степени разложения торфа менее 45%, мощности торфяной залежи более 0,8 м и отсутствии погребенной древесины.

Щелевые дрены устраивают путем разработки в грунте щелей, обычно треугольной формы, основанием вниз. Щели нарезают глубиной 0,8 ... 1 м. Ширина щели понизу около 15 см.

Щелевые дрены рекомендуются при предварительном осушении болот, в том числе с наличием погребенной древесины, при степени разложения торфа менее 45% и мощности торфяной залежи более 1,2 м.

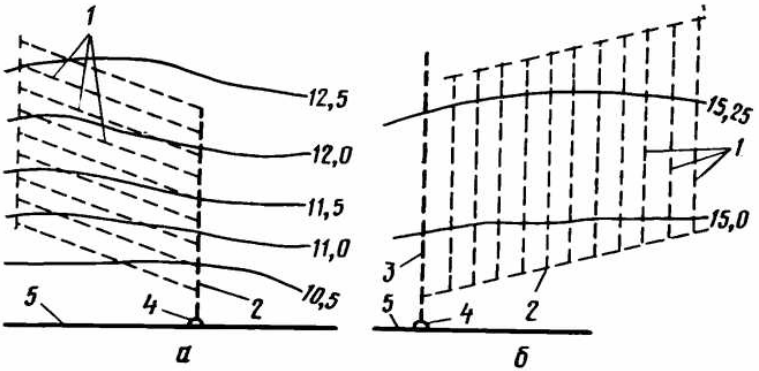


Рис. 9.1. Схемы размещения регулирующей сети в плане:
а — поперечная; *б* — продольная; *1* — закрытые дрены; *2, 3* — закрытые коллекторы различных порядков; *4* — устье коллектора; *5* — проводящий (магистральный) осушительный канал.

Щели нарезают, как правило, по перекрестной схеме. Щели-коллекторы, имеющие выход в открытую сеть, нарезают перпендикулярно осушительным каналам через 100...150 м. Обычно их длина не более 500 м. Параллельно открытой сети нарезают щелевые дрены через 8 ... 10 м.

Дно кротовых и щелевых дрен для повышения их устойчивости в процессе оттока воды должно иметь продольный уклон (как и трубчатых дрен).

На практике в отличие от кротового и щелевого дренажа, являющихся гидротехническими мероприятиями, чаще выполняют так называемое кротование и щелевание почв, которые принято относить к агромелиоративным мероприятиям. Кротовины и щели устраивают без соблюдения продольного уклона, дно их копирует поверхность земли.

9.2. РАСПОЛОЖЕНИЕ СЕТИ В ПЛАНЕ

Закрытая (как и открытая) регулирующая сеть может быть выборочной и систематической. Выборочной регулирующую сеть называют тогда, когда дрены или закрытые собиратели проложены в отдельных понижениях, осушить которые можно с помощью, как правило, одной-трех дрен (закрытых собирателей).

Систематической регулирующую сеть называют в том случае, когда осушается крупный массив и дрены или закрытые собиратели располагают на всей площади на определенном (расчетном) расстоянии параллельно друг другу.

Регулирующую сеть при уклонах поверхности 0,005 и более следует проектировать перпендикулярно основному направлению потока поверхностных или грунтовых вод (поперечная схема). При меньших уклонах можно располагать регулирующую сеть по поперечной схеме и по уклону местности (продольная схема) (рис. 9.1). Закрытые собиратели целесообразно трассировать только по поперечной схеме.

На практике при проектировании регулирующей сети по поперечной схеме дрены или закрытые собиратели располагают под острым углом к горизонталям местности, что позволяет придать дренам уклон путем не только их заглубления к устью, но и использования естественного уклона.

Дрены могут быть подсоединены к закрытым коллекторам с одной или двух сторон (рис. 9.2). Если по условиям рельефа возможны оба варианта, то схему планового расположения дрен выбирают на основании технико-экономического расчета. При односторонием подсоединении дрен диаметр кол-

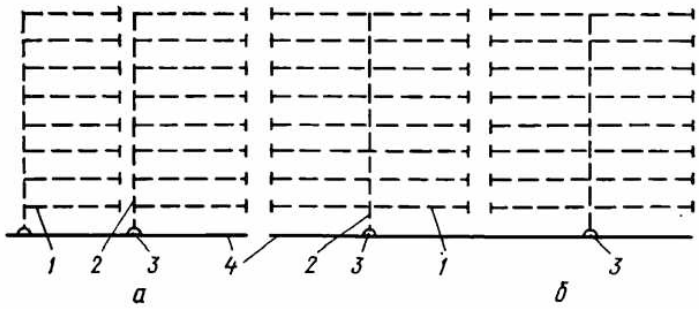


Рис. 9.2. Схема одностороннего (*а*) и двухстороннего (*б*) подсоединения дрен к коллекторам:
1 — закрытые дрены; *2* — закрытый коллектор; *3* — устье коллектора; *4* — проводящий (магистральный) осушительный канал.

лекторов в устье меньше, однако удельная протяженность коллекторов выше, чем при двухстороннем подсоединении.

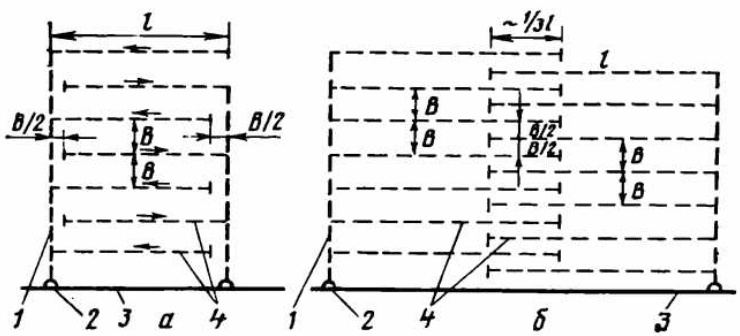
Регулирующую сеть трассируют таким образом, чтобы не пересекать дороги, подземные коммуникации, лесонасаждения. При пересечении ее с линиями электропередачи и телефонной связи расстояния до их опор следует принимать в соответствии с действующими правилами охранных зон.

9.3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СЕТИ

К основным параметрам закрытой регулирующей сети относятся: расстояния между дренами (закрытыми собирателями), их глубина заложения, уклон, длина и диаметр дренажных труб.

Расчет расстояний между дренами приведен в главе 11. Глубину регулирующей сети определяют в зависимости от требуемой нормы осушения с учетом водопроницаемости почвогрунтов по глубине, осадки и сработки торфа, зоны распространения основной массы корней растений. Желательно, чтобы дренажные трубы располагались ниже глубины промерзания почвогрунтов.

Глубину дрен и закрытых собирателей следует назначать также с учетом микрорельефа, который не освещается топографической съемкой (обыч-



Рис, 9.3. Схемы расположения дрен при малоуклонном рельефе для уменьшения влияния разноглубинности дренажа:
а — поочередное подключение дрен к соседним коллекторам; *б* — сгущенное расположение истоковых участков дрен; *1* — закрытый коллектор; *2* — устье коллектора; *3* — проводящий (магистральный) осушительный канал; *4* — закрытые дрены.

но в пределах 0,2 м). Поэтому минимальную глубину закрытой регулирующей сети необходимо принимать в минеральных грунтах 1,1 м, в торфяниках (после осадки) 1,3 м. При такой глубине обеспечивается сохранность дренажных труб при прохождении сельскохозяйственной техники и автомобилей, занятых на уборке урожая.

Разность в глубинах заложения дрен в устье и истоке должна быть не более 0,2 ... 0,3 м. На безуклонном и слабоуклонном рельефе, когда уклон дренам придается путем их заглубления к устью, для обеспечения более равномерного осушения могут быть использованы разработанные ВНИИГиМ и БелНИИМиВХ схемы планового расположения дрен (рис. 9.3).

При осушении земель грунтово-напорного водного питания минимальная глубина заложения дрен должна быть 1,5 ... 1,8 м.

Минимальный внутренний диаметр труб для закрытой регулирующей сети принимают 5 см. Уклоны дрен и закрытых собирателей при минимальном уклоне должны быть 0,003 и более. Допускается увеличивать диаметр дрен на безуклонных равнинах (если невозможно обеспечить минимальный уклон), в условиях грунтово-напорного водного питания, при повышенном содержании в грунтовых водах закисного железа, на осушительных системах с подпочвенным увлажнением.

При диаметре дрен и закрытых собирателей 5 см их длина должна быть не более 250 м, а в мелкозернистых оплывающих грунтах, плывунах и илах — не более 150 м. При осушении окраин массива длина дрен допускается не менее 50 м.

При укладке дренажа не удается обеспечить строгое соблюдение проектного уклона, в результате чего во внутренней полости дрен могут образовываться воздушные «мешки», препятствующие движению воды и фактически сужающие поперечное сечение. Поэтому при уменьшении уклонов или увеличении длины дрен необходимо увеличивать их диаметр.

Безуклонный дренаж целесообразно применять при диаметре дрен не менее 10 см. Его основное преимущество — возможность устройства относительно неглубокой проводящей сети при осушении безуклонных и слабоуклонных равнин. Выбор схемы регулирующей сети (безуклонный дренаж повышенного диаметра или традиционный с уклонами не менее 0,003 и диаметром 5 см) определяется технико-экономическим расчетом.

Глава 10. КОНСТРУКЦИИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

Конструкция закрытого дренажа зависит от того, какую технологию и материалы предполагается применить при его строительстве. Укладку закрытого дренажа выполняют траншейным, узкотраншейным или бестраншейным способом. При этом используют следующие материалы: дренажные трубы, защитно-фильтрующие материалы (рулонные и объемные), соединительные детали (тройники, заглушки, муфты, переходники и т. д.), стеллажи для укладки дрен и коллекторов в неустойчивых (слабых) грунтах.

10.1. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

Траншейный способ строительства закрытого дренажа — наиболее распространенный. Это объясняется существующим парком экскаваторов-дреноукладчиков. При траншейном способе ширина траншеи такова, что позволяет спуститься в нее рабочему для выполнения стыковки труб, контроля качест-

Желобчатые трубы изготовляют из круглого лесоматериала диаметром многоковшовым экскаватором-дреноукладчиком типа ЭТЦ-202А ширина траншеи составляет 50 см, при использовании одноковшовых экскаваторов она больше 50 см. В перспективе траншейный способ целесообразно применять при строительстве закрытых коллекторов.

Узкотраншейный способ строительства дрен — наиболее прогрессивный. Ширина траншеи в этом случае может быть близка диаметру укладываемой дренажной трубы и фильтра. Ширина траншеи может составлять в зависимости от марки экскаватора-дреноукладчика 12 ... 30 см.

При бестраншейном способе строительства закрытых дрен гибкая дренажная труба протаскивается в полость грунта, образуемую при движении плужного рабочего органа экскаватора-дреноукладчика. Этот способ строительства закрытых дрен является наиболее производительным. Совершенствование существующих модификаций бестраншейных дреноукладчиков направлено на создание приспособлений для устройства объемного фильтра, целесообразность которого особенно необходима при укладке дрен в слабоводопроницаемых грунтах для обеспечения гидравлической связи дрен с поверхностными водами. Без устройства объемного фильтра бестраншейный дренаж эффективно работает в грунтах с коэффициентом фильтрации более 0,2 ... 0,3 м/сут.

Преимущества и недостатки этого и других способов строительства закрытого дренажа без анализа технико-экономических показателей конкретных мелиоративных машин приведены в таблице 10.1.

10.2. ДРЕНАЖНЫЕ ТРУБЫ

При строительстве закрытой регулирующей, проводящей и оградительной сети можно применять дренажные керамические, пластмассовые, пористобетонные, деревянные, а также безнапорные асбестоцементные, бетонные и железобетонные трубы без водоприемных отверстий для проводящей сети.

10.1. Оценка различных способов строительства закрытого дренажа

Способ строительства	Преимущества	Недостатки
Траншейный	Возможность строительства дрен и коллекторов с помощью одного типа экскаваторов-дреноукладчиков (типа ЭТЦ-202А) Простота контроля за качеством укладки дренажных труб и объемного фильтра и исправления (при необходимости) брака Возможность использования дренажных труб любых конструкций, включая жесткие длинномерные (например, асбестоцементные при строительстве коллекторов)	Относительно низкая производительность Высокая энергоемкость Большой расход объемных защитно-фильтрующих материалов
Узкотраншейный	Малый расход объемных защитно-фильтрующих материалов Высокая производительность Простота контроля за качеством укладки дренажных труб и объемного фильтра Возможность использования керамических труб	Необходимость использования на одном объекте дополнительной мелиоративной техники для строительства закрытых коллекторов или для подсоединения дрен к коллекторам Сложность исправления брака, например при встрече с отдельными крупными камнями, погребенной древесиной и т. д.
Бестраншейный	Очень высокая производительность	Те же, что и для узкотраншейного способа, а также высокая энергоемкость, сложность контроля качества укладки дрен

Примерная потребность в дренажных трубах различного диаметра приведена ниже (в скобках указаны диаметры пластмассовых дренажных труб):

Диаметр труб, мм	50(63)	75(90)	100(110)	125	150	175	200	250 и более
Доля от общей потребности, %	84,5	9,0	3,2	1,6	0,8	0,3	0,3	0,3

Дренажные трубы должны выдерживать давление грунта, временную нагрузку от сельскохозяйственных машин и быть стойкими к воздействию отрицательных температур и агрессивной среды.

Керамические дренажные трубы (табл. 10.2) выпускают в соответствии с ГОСТ 8411—74 круглыми и многогранными по наружной поверхности. Основным мелиоративным требованием при производстве керамических труб является соблюдение перпендикулярности плоскости торцов к оси трубы. Оптимальная ширина зазора между керамическими трубами, выполняющего роль водоприемного отверстия, составляет 2 мм. С учетом допусков на перекос плоскости торцов эти зазоры, например, для труб внутренним диаметром 50 мм могут достигать 10 мм. Поэтому необходимо практически повсе-

10.2. Техническая характеристика дренажных керамических труб (по ГОСТ 8411—74)

Внутренний диаметр, мм	Длина, мм	Толщина стенки, мм	Овальность (не более), мм	Перекос плоскости торцов (не более), мм	Масса 1 000 труб, т	Допустимая глубина укладки, м	
						минимальная	максимальная
50±2	333^{+10}_{-5}	11±2	2	3	1,7	0,7	4,0
75±2	333^{+10}_{-5}	13±2	3	4	2,7	0,7	4,0
100±3	333^{+10}_{-5}	15±2	4	4	4,2	0,7	4,0
125±3	333^{+10}_{-5}	18±3	4	5	5,4	1,0	4,0
150±3	333^{+10}_{-5}	20±3	4	5	7,4	1,0	4,0
175±5	333^{+10}_{-5}	22±5	5	6	10,4	1,2	4,0
200±5	333^{+10}_{-5}	24±5	5	6	13,4	1,0	4,0
250±5	333^{+10}_{-5}	25±5	6	8	17,0	1,2	3,0

Примечания. 1. Допустимая глубина укладки приведена из условия их прочности по расчетным данным ВНИИГиМ (В. В. Кулигин). 2. В партии труб не более 6% общего числа могут иметь отклонения геометрических размеров от приведенных в таблице еще на ±2 мм.

местно применять рулонные защитно-фильтрующие материалы. В наибольшей степени отвечают требованиям мелиоративного строительства круглые керамические трубы, в наименьшей — шестигранные.

В результате совершенствования конструкции керамических дренажных труб предложены трубы с наружными продольными пазами, продольными и поперечными щелями, внутренними шлицами, фасками и т. д. Однако производственный опыт показал их незначительные преимущества в сравнении с существующими керамическими трубами.

Пластмассовые дренажные трубы обладают значительными преимуществами по сравнению с керамическими. Их основные достоинства: легкость, технологичность в строительстве, гарантированный размер водоприемных отверстий. Дренажные трубы выпускают из полиэтилена и поливинилхлорида (табл. 10.3 ... 10.6 и рис. 10.1).

Пластмассовые трубы постепенно будут вытеснять керамические, особенно малых диаметров (50 ... 150 мм), потому что они имеют лучшие технико-экономические показатели при их изготовлении и укладке дренажа.

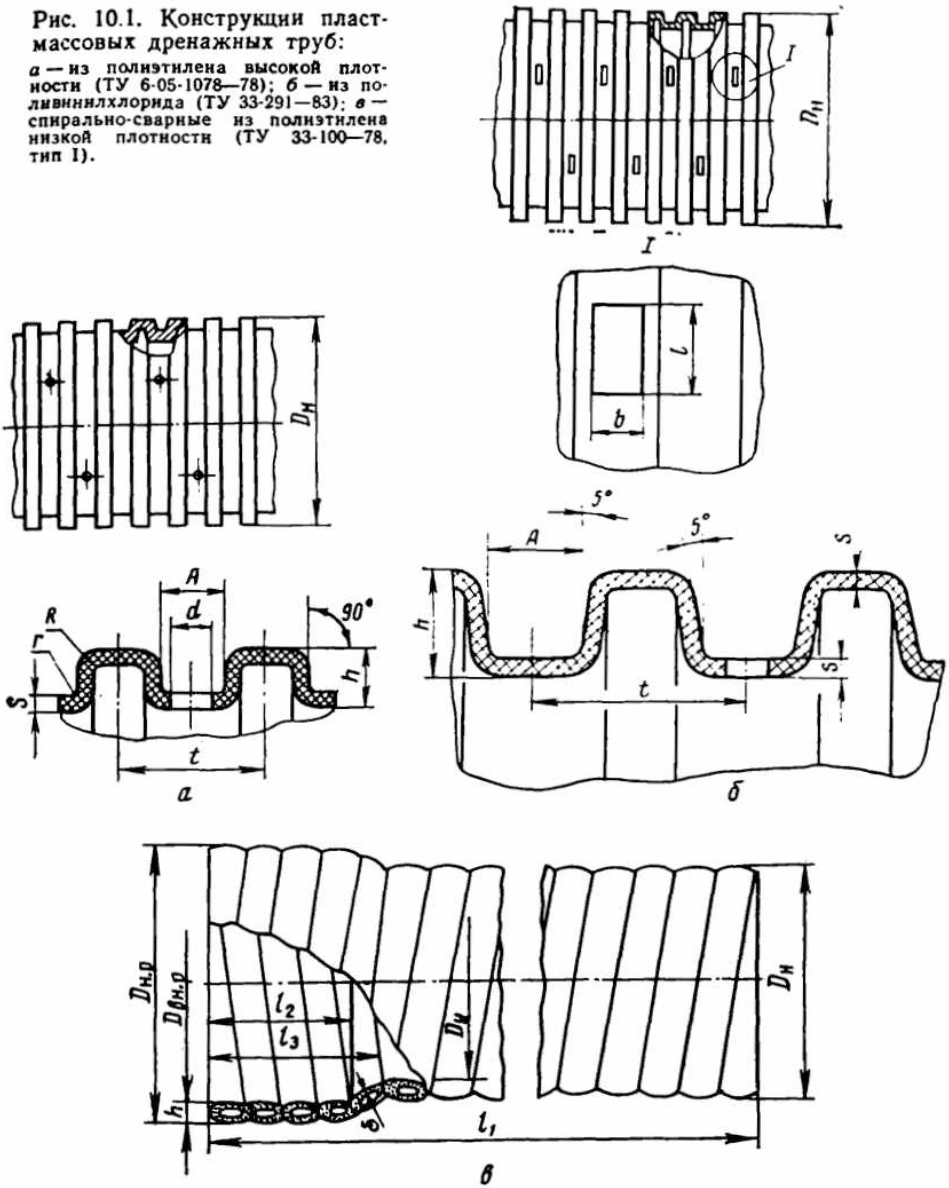
Пластмассовые трубы используют также в облегченных конструкциях устьевых сооружений при строительстве закрытых коллекторов (табл. 10.7 и рис. 10.2).

Из пористых труб применяют (в основном при дренировании полотен железных и шоссейных дорог) керамзитобетонные трубофильтры (табл. 10.8). Как и пластмассовые трубы с оберткой защитно-фильтрующим материалом, пористые керамзитобетонные трубофильтры являются наиболее совершенной конструкцией. Однако область их применения в мелиорации ограничена относительно высокой стоимостью и жесткими требованиями к содержанию в грунтовых водах агрессивных ионов.

Для керамзитобетонных трубофильтров грунтовые воды считаются неагрессивными (срок службы трубофильтров не менее 20 лет) при следующих условиях: HCO_3^- более 2 мг·экв/л; pH более 7; SO_4^{2-} менее 250 мг/л.

Рис. 10.1. Конструкции пластмассовых дренажных труб:

а — из полиэтилена высокой плотности (ТУ 6-05-1078—78); *б* — из поливинилхлорида (ТУ 33-291—83); *в* — спирально-сварные из полиэтилена низкой плотности (ТУ 33-100—78, тип I).



Трубофильтры целесообразно применять для устройства дренажа при обильном водопритоке (береговые, ловчие дрены). Трубофильтры с гладкими торцами рекомендуется соединять эластичными пластмассовыми муфтами, выпускаемыми по ТУ 33-176—80.

Безнапорные асбестоцементные трубы в комплекте с муфтами (табл. 10.9) применяют при укладке коллекторов в сложных гидрогеологических условиях, опасности зарастания корнями древесно-кустарниковой растительности, сопряжении с колодцами, в устьевых сооружениях.

10.3. Техническая характеристика дренажных гофрированных труб из полиэтилена высокой плотности (по ТУ 6-05-1078—78)

Наружный диаметр $D_н$, мм	Толщина стенки S, мм		Размеры гофра, мм				Диаметр водоприемных отверстий, мм		Площадь водоприемных отверстий, см²/м	Масса 1 м трубы, кг	Внутренний диаметр (м) бухты шириной 0,4 м	Масса бухты, кг	Длина трубы в бухте, м
				высота h									
	номинальная	допускаемое отклонение	шаг t	номинальная	допускаемое отклонение	ширина впадины A	номинальный	допускаемое отклонение					
Тип I, глубина укладки труб до 2 м													
50	0,8	+0,3	10,0	3,6	+0,6	4,3	3,0	±0,3	14	0,18	1,0	36	200
63	0,9	+0,3	11,0	4,3	+0,6	5,0	3,5	±0,3	17	0,25	1,1	40	160
75	0,9	+0,4	13,75	4,9	+0,8	6,0	4,0	±0,3	18	0,32	1,2	39	120
Тип I, глубина укладки труб до 2,5 м													
90	0,9	+0,4	16,0	6,4	+0,9	6,0	4,0	±0,3	23	0,38	1,3	38	100
110	0,9	+0,5	19,5	7,8	+1,0	6,0	4,0	±0,3	19	0,47	1,5	33	70
125	1,0	+0,5	22,0	8,9	+1,2	6,0	4,0	±0,3	17	0,59	1,6	36	60
Тип II, глубина укладки труб до 5 м													
90	1,4	+0,4	16,0	6,9	+0,9	6,0	4,0	±0,3	23	0,59	1,3	59	100
110	1,5	+0,5	19,5	8,4	+1,0	6,0	4,0	±0,3	19	0,78	1,5	55	70
125	1,9	+0,5	22,0	9,8	+1,2	6,0	4,0	±0,3	17	1,12	1,6	67	60

10.4. Техническая характеристика дренажных гофрированных труб из поливинилхлорида (по ТУ 33-291—83)

Наружный диаметр $D_н$, мм	Толщина стенки S, мм		Размеры гофра, мм				Размеры щелей, мм			Площадь водоприемных отверстий, см²/м	Масса 1 м, кг	Внутренний диаметр (м) бухты шириной 0,4 м	Масса бухты, кг	Длина трубы в бухте, м
				высота h			номинальные		допускаемое отклонение					
	номинальная	допускаемое отклонение	шаг t	номинальная	допускаемое отклонение	ширина впадины A	l	b						
Тип I, глубина укладки до 2 м														
50	0,5	$^{+0,2}_{-0,1}$	6,1	2,8	+0,4	2,7	5	1,5	±0,3	35,7	0,18	0,5	36	200
63	0,5	$^{+0,2}_{-0,1}$	6,9	3,4	+0,4	2,9	5	1,5	±0,3	31,7	0,24	0,6	38	160
75	0,6	±0,2	7,5	3,9	+0,4	3,1	8	1,5	±0,3	35,1	0,32	0,7	38	120
Тип II, глубина укладки до 2,5 м														
90	0,6	±0,2	8,6	4,4	+0,6	3,5	7	1,5	±0,3	36,0	0,38	0,8	38	100
110	0,6	±0,2	10,0	5,0	+0,6	3,9	7	1,5	±0,3	30,8	0,46	0,9	32	70
125	0,7	±0,2	12,0	5,5	+0,6	4,3	8	1,5	±0,3	29,4	0,59	1,0	35	60
Тип III, глубина укладки до 5 м														
90	0,8	±0,2	8,6	4,5	+0,4	3,5	7	1,5	±0,3	36,0	0,44	0,8	44	100
110	0,8	±0,2	10,0	5,1	+0,4	3,9	7	1,5	±0,3	30,8	0,54	0,9	38	70
125	0,8	±0,2	12,0	5,6	+0,6	4,3	8	1,5	±0,3	29,4	0,67	1,0	40	60

10.5. Техническая характеристика коллекторных спирально-сварных труб из полиэтилена низкой плотности (по ТУ 33-100—78, тип I)

Показатели	Значения и возможные отклонения
Внешний диаметр $D_н$, мм	360±5
Внутренний диаметр $D_у$, мм	300±5
Внутренний диаметр раструба $D_{вн.р}$, мм	377±11
Наружный диаметр раструба $D_{н.р}$, мм	431±11
Длина трубы l_1, мм	3 150±40
Длина сопрягаемой части раструба l_2, мм	150±13
Длина раструба l_3, мм	220±18
Толщина стенки трубы h, мм	30±5
Толщина стенки элементарной трубы δ, мм	$2^{+1}_{-0,5}$
Масса 1 м, кг	6,2

Примечание. Трубы предназначены для строительства закрытых коллекторов, укладываемых на глубину 1...3 м.

10.6. Техническая характеристика дренажных спиральновитых труб из непластифицированного поливинилхлорида (по ТУ 6-19-94—78)

Наружный диаметр, мм	Число рядов перфорации	Номинальные размеры отверстий, мм: ширина	длина	шаг	Число отверстий на 1 м	Водоприемная площадь, см²/м	Длина стрелы профиля, мм	Высота профиля, мм	Масса 1 м, г	Размеры бухт, м: внутренний диаметр	ширина
50	10	0,6	4	15	2 050	49,2	7,0	2,9	155	0,9	0,4
63	13	0,6	4	15	2 288	54,9	7,5	3,0	235	1,0	0,45
75	17	0,6	4	15	2 720	65,3	8,0	3,2	330	1,2	0,45
90	20	0,6	4	15	2 800	67,2	9,0	3,3	481	1,3	0,45
110	22	0,6	4	15	2 904	69,7	10,0	3,5	597	—	—
125	27	0,6	4	15	3 456	82,9	11,0	3,8	880	—	—

Примечание. Трубы предназначены для устройства закрытого дренажа глубиной до 1,8 м. Их изготавливают методом спиральной навивки стреловидного профиля, обеспечивающего гибкое соединение витков в единую трубу. Трубы поставляют в бухтах или пачками труб длиной 5,5; 6,0; 8,0; 10; 11,6; 12 м. Масса бухты (пачки) не более 30 кг.

10.7. Техническая характеристика коллекторных устьевых спирально-сварных труб из полиэтилена низкой плотности (по ТУ 33-101—78)

Размеры и допускаемые отклонения, мм					
$D_у$	$D_н$	$D_{вн.р}$	l_1	l_2	l_3
100+2,0	126±6	145±4,0	1 500±30	50±10	205±20
125+4,0	152±7	175±4,0	1 500±30	60±10	205±20

Продолжение

Размеры и допускаемые отклонения, мм					Масса 1 м трубы, кг
δ	h	S	l_4	a (не менее)	
2±0,5	12,5±2,5	12±1,5	300±1,5	2,8	2,6
2±0,5	12,5±2,5	12±1,5	375±2,0	2,8	3,7

Примечание. Трубы предназначены для соединения закрытых керамических коллекторов диаметром 100 и 125 мм с открытой проводящей сетью. Глубина укладки 1...3 м.

10.8. Техническая характеристика керамзитобетонных дренажных трубофильтров (труб) (по ТУ 33-5—75)

Внутренний диаметр, мм	Марка трубофильтра	Толщина стенки, мм	Длина, мм	Масса трубофильтра, кг
		С гладкими торцами		
50	Т-50	25	500	3,5
75	Т-75	30	500	6,0
100	Т-100	35	500	8,0
125	Т-125	40	500	12,5
150	Т-150	50	500	20,0
200	Т-200	60	500	30,0
		Фланцевые		
150	ТФ-150	50	1 000	40,0
200	ТФ-200	60	1 000	60,0
300	ТФ-300	85	1 000	123,0
400	ТФ-400	110	1 000	212,0
500	ТФ-500	140	1 000	338,0

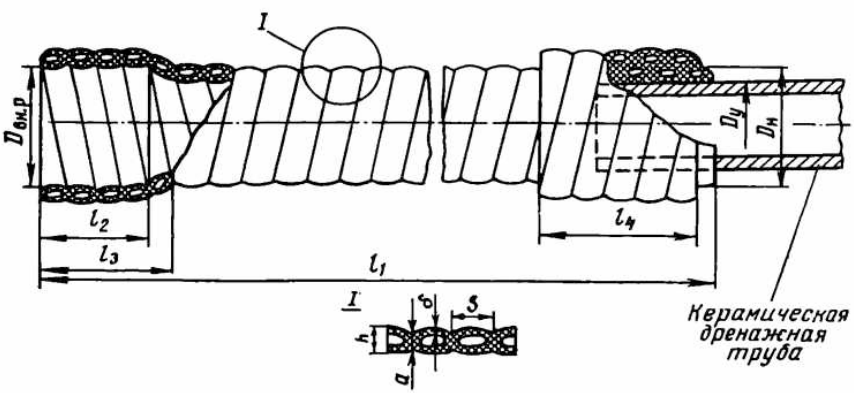


Рис. 10.2. Конструкция устьевой спирально-сварной трубы из полиэтилена низкой плотности (ТУ 33-101—78).

10.9. Техническая характеристика асбестоцементных труб и муфт для безнапорных трубопроводов (по ГОСТ 1839—80)

Условный проход, мм	Диаметр, мм		Толщина стенки, мм	Длина, мм	Масса 1 м труб или 1 муфты, кг
	наружный	внутренний			
			Трубы		
100	118	100	9	2 950; 3 950	6
150	161	141	10	2 950; 3 950	9
200	211	189	11	3 950	13
300	307	279	14	3 950	25
400	402	368	17	3 950	40
			Муфты		
100	160	140	10	150	1
150	212	188	12	150	2
200	262	234	14	150	3
300	366	334	16	150	5
400	477	441	18	150	9

10.10. Техническая характеристика керамических канализационных труб (по ГОСТ 286—82)

Размеры ствола трубы, мм			Размеры раструба трубы, мм		Номинальная толщина стенки ствола и раструба, мм	Прочность труб, кН/м
внутренний диаметр d	номинальная длина		внутренний диаметр d_1	номинальная глубина l_1		
	ствола $L\pm20$	нарезки ±5				
150±7	Для всех диаметров	60	224±7	60	19	20
200		60	282	60	20	20
250±9	1 000, 1 100	60	340±9	60	22	20
300±10	1 200, 1 300	60	398±10	60	27	25
350±11	1 400, 1 500	70	456±11	70	28	25
400±11		70	510±11	70	30	25
450±11		70	568±11	70	34	25
500±11		70	622±11	70	36	30
550±11		70	678±11	70	39	30
600±12		70	734±12	70	41	30

Керамические канализационные трубы (табл. 10.10 и рис. 10.3) в мелиоративной практике применяют редко ввиду высокой стоимости. Их можно использовать для строительства закрытых коллекторов при наличии агрессивных грунтовых и дренажных вод, когда другие инженерные решения менее экономичны.

Безнапорные бетонные и железобетонные трубы (табл. 10.11 ... 10.14 и рис. 10.4) целесообразно применять для закрытых коллекторов диаметром 300 мм и более при наличии неагрессивных грунтовых вод.

Коррозионная стойкость бетонных и железобетонных труб для строительства закрытых коллекторов определяется в зависимости от агрессивно-

10.11. Техническая характеристика железобетонных раструбных труб (по ГОСТ 6482.0—82 и ГОСТ 6482.1—82)

Типоразмер, диаметр (мм) условного прохода трубы	Размеры трубы, мм										Масса трубы, т	Прочность труб в зависимости от группы по несущей способности, кН/м	
	$D_{вн}$	$D_н$	$D_р$	D_1	c	$l_р$	l_1	l_2	L	L_1		1-я группа	2-я группа
РТ 4.50, 400	400±6	500	530	650	50±6	100	150	75	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 100	0,95	32,4	38,3
РТ 5.50, 500	500±6	620	650	790	60±6	100	150	85	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 100	1,4	34,9	41,3
РТ 6.50, 600	600±6	720	750	890	60±6	100	150	85	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 100	1,7	35,4	44,2
РТ 8.50, 800	800±8	960	990	1 170	80±8	110	200	105	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 110	3,0	47,2	63,0
РТ 10.50, 1000	1 000±8	1 200	1 230	1 450	100±8	110	200	125			4,6	59,0	81,6
РТ 12.50, 1200	1 200±8	1 420	1 450	1 690	110±8	110	200	135			6,1	70,8	100,0
РТ 14.50, 1400	1 400±8	1 620	1 650	1 890	110±8	110	200	135			7,0	78,7	113,0
РТ 16.50, 1600	1 600±8	1 840	1 870	2 130	120±8	130	220	145	$4\,500^{+20}_{-10}$	4 630	8,7	98,7	142,2
РТ 20.45, 2000	2 000±10	2 260	2 300	2 580	130±10	130	220	160	$4\,500^{+20}_{-10}$	4 630	10,6	132,5	—
РТ 24.30, 2400	2 400±10	2 700	2 740	3 060	150±10	140	240	180	$3\,000^{+20}_{-10}$	3 140	10,3	147,2	—

10.12. Техническая характеристика железобетонных труб (по ГОСТ 6482.0—82 и ГОСТ 6482.1—82)

Типоразмер, диаметр (мм) условного прохода трубы	Размеры трубы, мм																Масса трубы, т	Прочность труб в зависимости от группы по несущей способности, кН/м	
	$D_{вн}$	$D_н$	D_1	D_2	D_3	D_4		m_1	m_2	m_3	m_4	l_1	l_2	a	L	L_1		1-я группа	2-я группа
ФТ 4.50, 400	400±6	500	432	462	440	466	50±6	16	19	20	17	25	45	5	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 025	0,88	32,4	38,3
ФТ 5.50, 500	500±6	620	540	580	548	580	60±6	20	20	24	20	25	45	5	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 025	1,3	34,9	41,3
ФТ 6.50, 600	600±6	720	640	680	648	680	60±6	20	20	24	20	25	45	5	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 025	1,6	35,4	44,2
ФТ 8.50, 800	800±8	960	860	900	868	900	80±8	30	30	34	30	35	60	10	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 035	2,8	47,2	63,0
ФТ 10.50, 1000	1 000±8	1 200	1 078	1 118	1 074	1 126	100±8	39	41	37	37	55	80	10	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 070	4,3	59,0	81,6
ФТ 12.50, 1 200	1 200±8	1 420	1 280	1 324	1 280	1 334	110±8	40	48	40	43	75	100	10	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 090	5,7	70,8	100,0
ФТ 14.50, 1 400	1 400±8	1 620	1 480	1 524	1 480	1 543	110±8	40	48	40	43	75	100	10	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 090	6,5	78,7	113,0
ФТ 16.50, 1 600	1 600±8	1 840	1 700	1 740	1 690	1 750	120±8	50	50	45	43	75	100	10	$5\,000^{+20}_{-10}$	5 090	8,1	98,7	142,2
ФТ 20.45, 2 000	2 000±10	2 260	2 108	2 160	2 100	2 170	130±10	54	50	50	45	75	100	10	$5\,000^{+20}_{-10}$	4 590	9,8	132,5	—
ФТ 24.30, 2 400	2 400±10	2 700	2 510	2 570	2 514	2 590	150±10	55	65	57	55	95	120	10	$3\,000^{+20}_{-10}$	3 110	9,0	147,2	—

10.13. Техническая характеристика бетонных раструбных труб (по ГОСТ

Типоразмер, диаметр (мм) условного прохода трубы	Прочность труб в зависимости от группы по несущей способности, кН/м		Допустимая глубина укладки (до верха трубы), м			
			1-я группа		2-я группа	
	1-я группа	2-я группа	с учетом давления от грунта и транспорта	с учетом давления от грунта	с учетом давления от грунта и транспорта	с учетом давления от грунта
ТБ 10.10, 100	15,7	—	1...2	—	—	—
ТБ 15.10, 150	16,7	—	1...2	—	—	—
ТБ 20.15, 200	18,16	—	1,5...2	До 2,5	—	—
ТБ 30.15, 300	28,4	39,2	1,5...2	До 2,0	1...4	До 4
ТБ 40.15, 400	34,4	47,1	1,5	До 2	1..4	До 4
ТБ 50.20, 500	38,2	53,9	1,5	До 2	1...3,5	До 3,5
ТБ 60.20, 600	42,2	60,8	Нельзя применять	До 2	1...2,5	До 3
ТБ 80.20, 800	50,0	74,5	То же	До 1,5	1...2	До 2,5
ТБ 100.20, 1000	57,9	88,3	То же	До 1,5	1...2	До 2,5

Примечание. Допустимая глубина укладки приведена по расчетным данным

сти воды — среды. Основные виды коррозии бетона и характер ее проявления показаны ниже (по СНиП II-28—73):

Виды коррозии	Характер проявления коррозии
I	Выщелачивание растворимых компонентов бетона
II	Образование растворимых соединений или продуктов, не обладающих вяжущими свойствами, в результате обменных реакций между компонентами цементного камня и жидкой агрессивной средой
III	Образование и накопление в бетоне малорастворимых солей, характеризующихся увеличением объема при переходе в твердую фазу

Степень агрессивного воздействия воды — среды (при любом виде коррозии) на портландцементы, шлакопортландцементы, пуццолановые портландцементы и их разновидности по ГОСТ 10178—76 и ГОСТ 22266—76 определяется согласно СНиП II-28—73 «Защита строительных конструкций от коррозии».

20054—82)

Размеры трубы, мм								Расход бетона на одну трубу, м³	Масса трубы, т
$D_{вн}$	$D_{н}$	D_1	L_1	L	c	$D_р$	$l_р$	l_1		
100±3	150	240	1 050	$1\,000^{+10}_{-5}$	25±3	190	50	55	0,012	0,029
	140	220			20∓3	180		50	0,009	0,022
150±3	220	330	1 050	$1\,000^{+10}_{-5}$	35±3	260		60	0,023	0,056
	210	310			30±3	250	50	55	0,019	0,046
	200	290			25±3	240		50	0,016	0,038
200±3	280	400			40±3	320		60	0,050	0,12
	270	380	1 550	$1\,500^{+10}_{-5}$	35±3	310	50	55	0,043	0,103
	260	360			30±3	300		55	0,036	0,086
300±3	410	560			55±3	450		95	0,105	0,252
	400	540	1 580	$1\,500^{+10}_{-5}$	50±3	440	80	90	0,094	0,226
	390	520			45±3	430		90	0,083	0,199
400±4	550	750			75±4	600		120	0,194	0,466
	530	710	1 600	$1\,500^{+10}_{-5}$	65±4	580	100	120	0,166	0,398
	510	670			55±4	560		115	0,138	0,331
500±4	670	890			85±4	720		125	0,357	0,857
	650	850	2 100	$2\,000^{+10}_{-5}$	75±4	700	100	125	0,303	0,727
	630	810			65±4	680		120	0,259	0,622
600±4	790	1 030			95±4	840		130	0,474	1,137
	770	990	2 100	$1\,000^{+10}_{-5}$	85±4	820	100	125	0,410	0,984
					75±4	800		125	0,355	0,852
600±5	1 040	1 330			120±4	1 090		150	0,804	1,929
	1 040	1 270	2 110	$2\,000^{+10}_{-5}$	105±4	1 060	110	145	0,684	1,641
	990	1 230			95±4	1 040		140	0,608	1,459
1000±5	1 290	1 630			145±5	1 340		160	1,220	2,932
	1 250	1 550	2 110	$2\,000^{+10}_{-5}$	125±5	1 300	110	155	1,020	2,457
	1 230	1 510			115±5	1 280		150	0,924	2,217
	1 210	1 470			105±5	1 260		145	0,835	2,004

Союзводпроекта.

Для работы в условиях агрессивных грунтовых и дренажных вод трубы на цементном вяжущем должны пройти антикоррозионную обработку. В противном случае необходимо переходить на другие технические решения.

Деревянные дренажные трубы ввиду низкой технологичности применяют крайне редко, только для осушения глубоких торфяников при наличии местных ресурсов древесины. В минеральных грунтах недолговечны. Отмечается меньшая заиляемость деревянных труб охрой. По конструкции выделяют дощатые и желобчатые деревянные трубы (рис. 10.5).

Дощатые трубы треугольного, П-образного (без дна) или чаще квадратного сечения изготовляют из сырых досок хвойных пород толщиной 1,5 ... 2 см. Для образования водоприемных отверстий между лотком трубы и ее верхней доской устанавливают прокладки толщиной 2 ... 5 мм через 30 ... 50 см. Звенья труб соединяют «вразбежку». Необходимое количество материалов для изготовления дощатых дренажных труб приведено в таблице 10.15.

Желобчатые трубы изготовляют из круглого лесоматериала диаметром 8...12 см и длиной 2...2,5 м. Для изготовления 1 000 м желобчатых труб требуется около 11,3 м³ круглого леса и около 8 кг гвоздей длиной 4,5 ... 6 см.

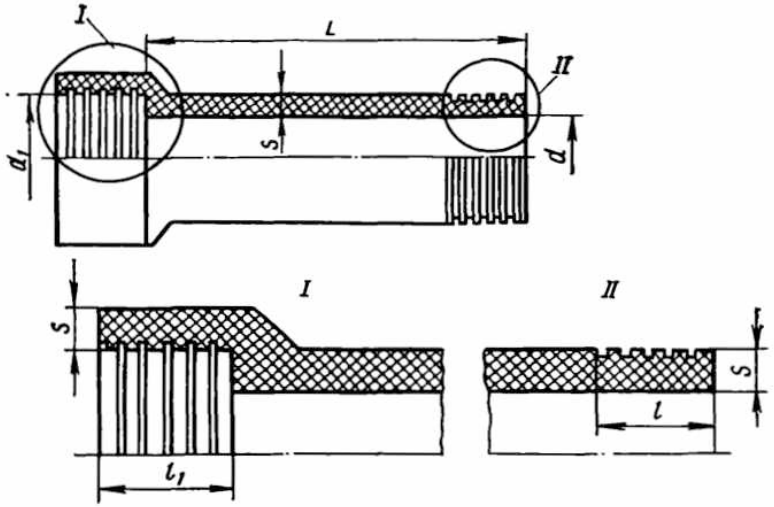


Рис. 10.3. Конструкция керамической канализационной трубы (ГОСТ 286—82).

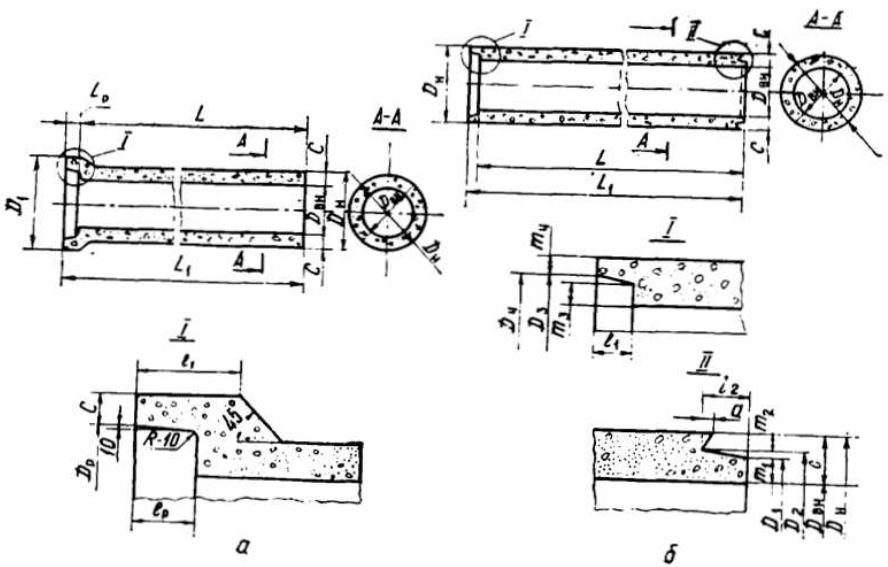


Рис. 10.4. Конструкции безнапорных бетонных (ГОСТ 20054—82) и железобетонных (ГОСТ 6482.0—82 и ГОСТ 6482.1—82) труб:
а — раструбные и *б* — фальцевые.

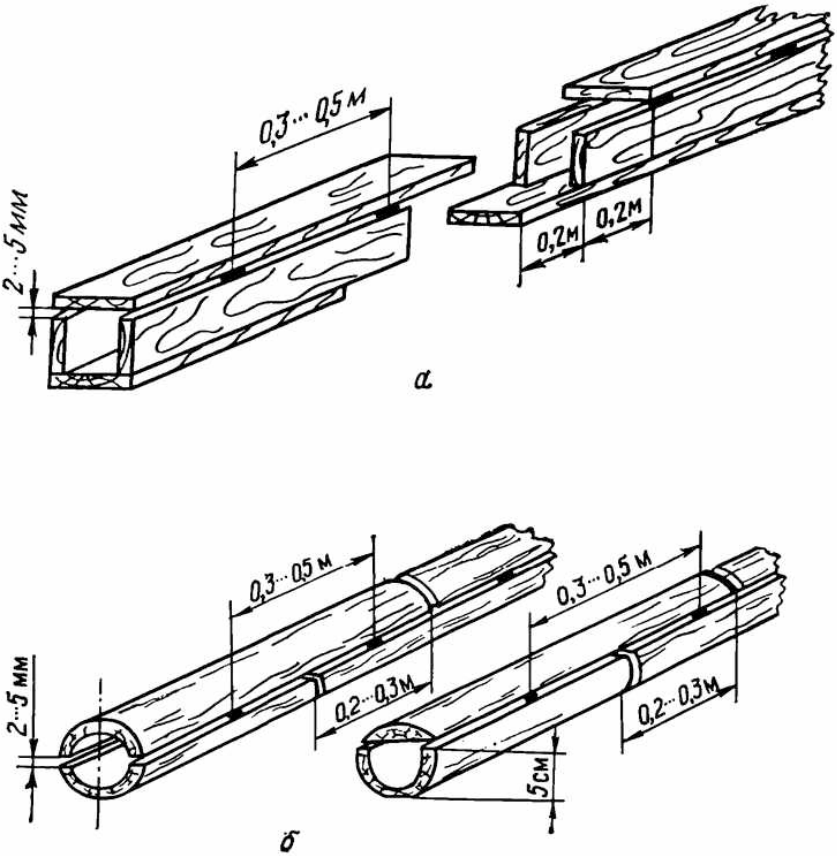


Рис. 10.5. Конструкции деревянных дренажных труб:
а — дощатые; *б* — желобчатые.

10.3. ЗАЩИТНО-ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ ДРЕНАЖНЫХ ФИЛЬТРОВ

Для обеспечения надежной работы закрытого дренажа и повышения его водоприемной способности применяют рулонные и объемные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ).

Рулонные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ) получили широкое распространение ввиду высокой технологичности при механизированном способе строительства закрытого дренажа, особенно при поставке на объект полностью подготовленных к укладке пластмассовых дренажных труб с оберткой ЗФМ. К таким новым перспективным конструкциям относится дренажный пластмассовый трубофильтр, выпускаемый по ТУ 33-4431-01—82 и состоящий из перфорированной пластмассовой трубы диаметром 50, 63 или 75 мм и нанесенной на ее поверхность пневмоэкструзионным способом защитной бесшовной фильтрующей оболочки из волокнисто-пористого полиэтилена, а также по ТУ 33-143—81 с покрытием перфорированной пластмассовой трубы нетканым иглопробивным полотном.

10.14. Техническая характеристика бетонных фальцевых труб (по ГОСТ

Типоразмер, диаметр (мм) условного прохода трубы	Прочность труб в зависимости от группы по несущей способности, кН/м		Допустимая глубина укладки (до верха трубы), м			
			1-я группа		2-я группа	
	1-я группа	2-я группа	с учетом давления от грунта и транспорта	с учетом давления от грунта	с учетом давления от грунта и транспорта	с учетом давления от грунта
ТБФ 30.15, 300	28,4	39,2	1,5...2,0	До 2	1...4	До 4
ТБФ 40.15, 400	34,3	47,1	1,5	До 2	1...4	До 4
ТБФ 50.20, 500	38,2	53,9	1,5	До 2	1...3,5	До 3,5
ТБФ 60.20, 600	42,2	60,8	Нельзя применять	До 2	1...2,5	До 3
ТБФ 80.20, 800	50,0	74,5	То же	До 1,5	1...2	До 2,5

Примечание. Допустимая глубина укладки приведена по расчетным данным

Применение рулонных ЗФМ позволяет защищать стыки или перфорацию дренажных труб от попадания в полость дрен грунта обратной засыпки или мелких фракций объемного фильтра (0,05 мм и более).

Ввиду значительной изменчивости грунтовых условий на объектах осушения даже по длине отдельных дрен экономически целесообразно повсеместно применять рулонные ЗФМ. В этом случае упрощается строительство дренажа, так как не нужно делать оптимальные водоприемные отверстия для каждой грунтовой разности. Для гарантированной защиты толщина слоя рулонного ЗФМ должна быть не менее 1 мм.

Технические характеристики рулонных ЗФМ отечественного и иностранного производства приведены в таблицах 10.16 и 10.17.

Схемы обертки дренажных труб рулонными ЗФМ показаны на рисунке 10.6. Рекомендуемые размеры полос рулонных ЗФМ и их расход на

10.15. Потребность материалов для изготовления 1000 м дощатых труб

Размеры дощатых труб, см	Доски		Гвозди	
	размеры, см	потребность, м³	длина, см	потребность, кг
5×5	1,5×5	1,5	4,5	15
	1,5×8	2,4	4,5	15
7,5×7,5	1,5×7,5	2,25	4,5	15
	1,5×10,5	3,15	4,5	15
10×10	2×10	4,1	6,0	21
	2×14	5,6	6,0	21
12,5×12,5	2×12,5	5,0	6,0	21
	2×16,5	6,6	6,0	21

200054—82)

Размеры трубы, мм																Расход бетона на одну трубу, м³	Масса, т
$D_{вн}$	$D_н$	D_1	D_2	D_3	D_4	L_1	L	c	m_3	m_4	l_1	m_1	m_2	l_2	a		
	410		372		376			55								0,092	0,22
300	400	332	362	340	366	1525	1500	50	20	17	25	16	19	45	5	0,082	0,20
	390		352		356			45								0,073	0,17
	550		510		510			75								0,167	0,40
400	530	440	490	448	490	1525	1500	65	24	20	25	20	20	45	5	0,142	0,34
	510		470		470			55								0,118	0,28
	670				624			85								0,310	0,74
500	650	554	604	562	604	2030	2000	75	31	23	30	27	23	55	10	0,271	0,65
	630		584		584			65								0,230	0,55
	790		730		730			95								0,414	0,99
600	770	660	710	668	710	2035	2000	85	34	30	35	30	30	60	10	0,364	0,87
	750		690		690			75								0,320	0,77
800	1040		960		960			120								0,690	1,66
	1010	874	930	882	930	2055	2000	105	41	40	55	37	40	80	10	0,596	1,43
	990		910		910			95								0,534	1,28

Союзводпроекта.

100 м дрен в зависимости от диаметра дренажных труб и принятой технологии обертки даны в таблице 10.18.

В коллекторах из керамических дренажных труб диаметром более 100 мм для надежной защиты от заиления следует предусматривать многослойную обертку стыков рулонных ЗФМ толщиной не менее 2 мм.

На наиболее опасных участках (плывунные грунты) допускается изолировать стыковые зазоры путем обертки стыков пергамином (ГОСТ 2697—75), толем (ГОСТ 10999—76), рубероидом (ГОСТ 10923—76), полимерной пленкой (ГОСТ 10354—73) и др.

Учитывая большую потребность в рулонных ЗФМ, различные организации страны продолжают работы по расширению номенклатуры

10.16. Техническая характеристика рулонных защитно-фильтрующих материалов иностранного производства, применяемых в СССР

Материал	Толщина, м	Коэффициент фильтрации (не менее), м/сут	Прочность на разрыв полоски шириной 5 см, Н	Масса 1 м², г
Полиэфирный нетканый иглопробивной марки «Бидим»	1,7	100	60	260
Полипропиленовый нетканый марки «Полипелт»	1,2	100	—	180
Нетканый марки «Николон-22084»	1,2	300	120	130
Полиэфирное нетканое полотно (гейдельбергское)	0,19	18	—	70
	0,39	40	—	140

10.17. Техническая характеристика рулонных защитно-фильтрующих материалов отечественного производства

Материал	Марка	Технические условия на изготовление	Размеры материала в рулоне			Масса 1 м², г	Диаметр волокна, мк	Коэффициент фильтрации (не менее), м/сут	Прочность на разрыв полоски шириной 5 см, Н
			длина, м	ширина, см	толщина, мм				
Стекловолокнистый холст	ВВ-АМ	ТУ 21-23-131—80	До 200	30±1	0,7±0,2	100	16	200	120(40)
	ВВ-М	ТУ 21-23-141—81	» 200	30±1	1,2±0,1	200	16	200	82
	ВВ-Г	ТУ 21-23-44—79	» 200	40±1	0,4±0,1	50±15	15	100	5(1)
	ВВ-Т	ТУ 21-384—75	» 200	150±2	0,8±0,3	100±37	18	100	30(6)
	ВВ-К	ТУ 21-23-97—77	» 200	96±2	0,6±0,2	100±30	18	100	—
Полотно нетканое иглопробивное защитно-фильтрующее	СИЗИ	ТУ 42-21-06—78	—	160±4	4,5±0,4	200±10	—	—	—
Полотно нетканое клееное мелиоративное	НКлМ	ТУ 33-144—80	—	15... 30±1	0,8	100	15	50	65
Фильтры нетканые дренажные для мелиоративных систем	—	ТУ 550.2.121—81	До 50	170∓5	3... 4±0,5	300... 500±50	15	—	—
Полотно нетканое клееное технического назначения	—	ТУ 17 УССР 3650—83	» 200	25, 90, 155	0,6±0,1	75±6	—	—	—

Полотно клееное для защиты дрен от заиления	—	ТУ 17 РСФСР 52-10201—81	» 200	200±4	0,3±0,1	60±5	15	10	92
Нитрон нетканый иглопробивной	—	ТУ 33-14—83 Союзводполимер	—	—	1,2	200	—	50	31
Лавсан нетканый клееный	ВНИИНТМ	ТУ 17-14-195—83	—	—	0,3	75	—	30	122
Нетканый клееный материал из вторичного текстильного сырья	ВИВР	ТУ 63-178-ОП	—	—	1,6	—	—	120	53
Полотно нетканое клееное защитно-фильтрующее для дренажа	—	ТУ 33-39—81 УССР	—	—	0,7	70	—	—	26
Холст волокнистопористый из полиэтилена (полиэтиленхолст)	ПЭ-холст	ТУ 33-4431-04—83	20...100	15...30	1...2	200...300	40...100	350 при давлении на фильтр 2 кПа	78
Базальтовый холст	ВВБ-М	ТУ 21 УССР—75	—	—	0,5 и 1,0	90—100 и 170±15	—	—	80

Примечание. В скобках дана прочность ЗФМ на разрыв во влажном состоянии.

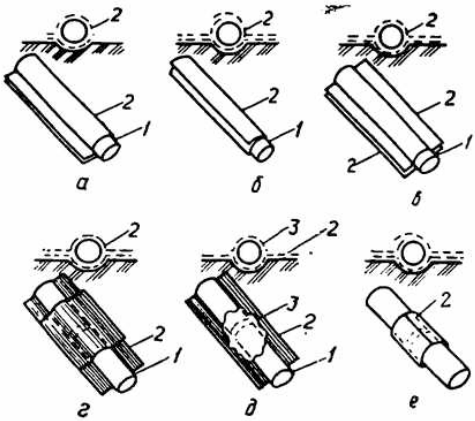


Рис. 10.6. Схемы защиты дрен от заиления:

а, б, в — для керамических и пластмассовых дренажных труб; *г, д, е* — для керамических дренажных труб; *1* — дренажная труба; *2* — рулонный защитно-фильтрующий материал; *3* — мох (стекловата, фрезерный торф, шлаковата).

рулонных ЗФМ и улучшению их технико-экономических показателей. Ниже приведены технические требования, которым должны удовлетворять вновь создаваемые рулонные ЗФМ:

Коэффициент фильтрации при давлении 0,15 МПа с учетом кольматации	Не менее $2 \cdot 10^{-4}$ м/с (примерно 20 м/сут)
Не пропускать частицы грунта размером	Более 0,05 мм
Защищать дренаж при следующих неблагоприятных условиях:	
pH грунтов	3,5...9,0
содержании закисных соединений железа	Не менее 3 мг/л
Прочность на разрыв во влажном состоянии при ширине полосы 15 см	Не менее 150 Н
Жесткость материала	Должно обеспечиваться свободное (без изломов и надрывов) сворачивание и прохождение ленты материала через кольцо-оправку с внутренним диаметром $D_к = 50...75$ мм при ширине материала 3,65 $D_к$
Расслоение материала при намокании, натяжении и т. д.	Не допускается
Ширина материала в рулоне	Не менее 300 мм
Длина материала в рулоне	Не менее 200 м. В рулоне допускается соединение отдельных полотен, прочность соединения полотен должна быть не ниже прочности материала
Масса рулона	Не более 30 кг

Длина материала в рулоне и масса рулона рекомендованы из условия наибольшей технологичности при строительстве закрытого дренажа.

Объемные защитно-фильтрующие материалы естественные или искусственные используют для устройства объемных фильтров, которые необходимы в грунтах с коэффициентом фильтрации менее 1 м/сут, помимо защиты водоприемных отверстий рулонными ЗФМ. Объемные фильтры устраивают путем засыпки дренажных траншей объемными ЗФМ толщиной не менее 20 см (в плывунах 30 см). Они повышают водоприемную способность дренажа в результате увеличения эффективного диаметра дрен.

На слабоводопроницаемых почвах, на которых предусматривается глубокое рыхление или кротование, толщина слоя объемного фильтра над дреной должна быть такой, чтобы кротовины или подошва зоны

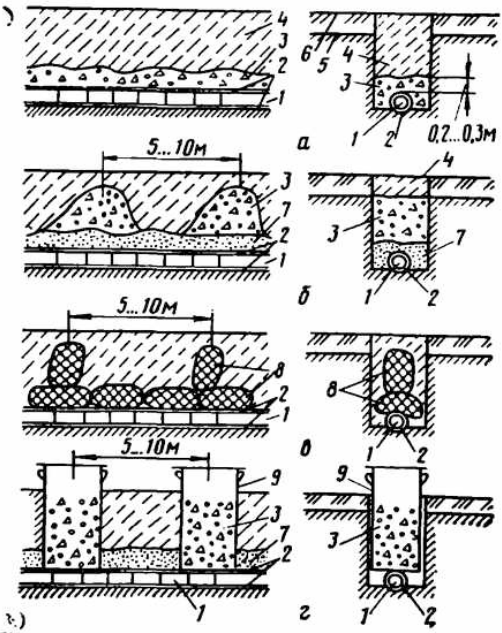


Рис. 10.7. Конструкции объемных фильтров:

а — с равномерной присыпкой дрен; *б* — с пунктирной засыпкой дрен до подошвы пахотного горизонта; *в* — с использованием сетчатых мешков с крупнопористым заполнителем (керамзит, древесная щепа и т. п.); *г* — с использованием цилиндров, извлекаемых после засыпки дрен. *1* — дренажный трубопровод; *2* — рулонный защитно-фильтрующий материал; *3* — крупнопористая засыпка (щебень, гравий, измельченная древесина); *4* — засыпка вынутым грунтом; *5* — ненарушенный грунт; *6* — растительный грунт; *7* — присыпка дрен; *8* — сетчатые мешки с крупнопористым заполнителем; *9* — металлические или пластмассовые цилиндры.

рыхления пересекали объемный фильтр. При проектировании закрытых собирателей объемный фильтр должен быть выполнен до подошвы пахотного слоя для создания гидравлической связи дрены с поверхностными водами.

Во избежание значительных потерь органического вещества объемные фильтры из растительного грунта осушаемого массива следует устраивать при толщине фильтра не более 30 см.

Целесообразно при устройстве объемных фильтров применять измельченную древесно-кустарниковую растительность (технологическую щепу) непосредственно с объекта осушения.

Конструкции дренажных объемных фильтров с учетом применяемых фильтрующих материалов и технологии строительства приведены на рис. 10.7.

10.18. Рекомендуемые размеры полос рулонных защитно-фильтрующих материалов и их расход на 100 м дрен различных диаметров

Диаметры керамических и пластмассовых (в скобках) труб, мм	Сплошная обертка труб вначлест одной лентой (рис. 10.6, *а*, *б*)		Сплошная обертка труб двумя лентами (рис. 10.6, *в*)			Сплошная лента внизу и полоски на стыках сверху (рис. 10.6, *г*)				Обертка стыков труб полосками шириной 10 см (рис. 10.6, *е*)	
			ширина полосы, см								
	ширина полосы, см	расход материала, м²	нижней	верхней	расход материала, м²	ширина полосы нижней, см	ширина полос на стыках сверху, см	длина полос на стыках сверху, см	расход материала, м²	длина полос на стыках, см	расход материала, м²
50(63)	30	30	15	25	40	15	7	25	21	30	9
75(90)	40	40	20	30	50	20	7	30	27	40	12
100(110)	50	50	20	40	60	20	7	40	30	49	15
125	—	—	25	45	70	25	7	45	36	59	18
150	—	—	25	55	80	25	7	55	40	69	21
175	—	—	30	60	90	30	7	60	44	76	23
200	—	—	30	70	100	30	7	70	47	86	26
250	—	—	40	90	130	40	7	90	59	112	34

Примечание. Расход ЗФМ дан без учета технологических потерь, связанных с некратностью требуемой ширины полос и ширины рулонов и при покрытии дрен в один слой.

10.4. СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ

Соединительные детали применяют для повышения надежности закрытого дренажа, сокращения затрат ручного труда, улучшения культуры производства.

Номенклатура соединительных деталей, их назначение, типоразмеры приведены в таблице 10.19.

При подсоединении дрен к коллекторам без соединительных деталей способом впритык или внахлест (рис. 10.17) требуется пробивка или просверливание отверстий в соединяемых трубах, их притирка и фиксация. Затраты времени на эти операции составляют 10 ... 12 мин. Использование со-

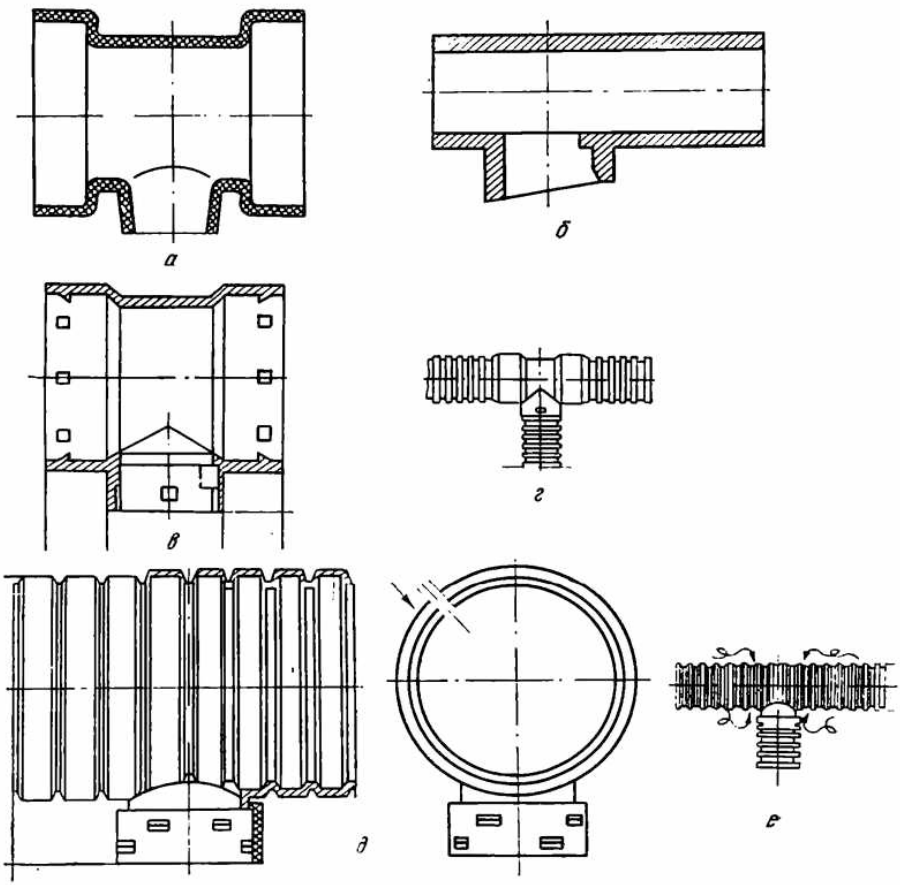


Рис. 10.8. Модификации дренажных тройников:

а — пластмассовый с наружным обхватом коллекторных труб для соединения керамических дрен (ТУ 6-19-154—80), имеются тройники с торцевым и внутренним примыканием торцов к трубам коллектора; *б* — керамический для соединения керамических коллекторов (ТУ 33-38-01—80); *в* — пластмассовый для соединения пластмассовых дрен и коллекторов (ТУ 6-19-051—81); *г* — общий вид соединения; *д* — пластмассовый накладной для соединения пластмассовых дрен и коллекторов (ТУ 33-184—80); *е* — общий вид соединения с использованием накладного тройника. При установке накладного тройника в трубе коллектора вырезают отверстие, тройник раздвигают по разрезу и надевают на трубу коллектора, совмещая отверстие в трубе коллектора с боковым отверстием тройника для подключения дрены. Тройник фиксируют на коллекторе с помощью обмотки проволокой.

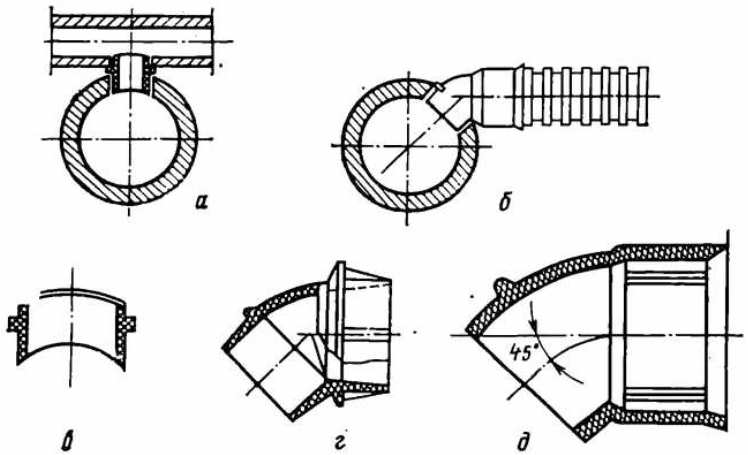


Рис. 10.9. Конструкции пластмассовых втулок и угольников для соединения дрен с керамическим коллектором:

а — общий вид соединения керамической дрены с коллектором с помощью втулки (при установке втулки в коллекторе высверливают отверстия); *б* — общий вид соединения пластмассовой дрены с коллектором с помощью угольника (при установке угольника в трубке коллектора высверливают отверстие); *в* — втулка для соединения керамических дрен (ТУ 6-19-154—80); *г* и *д* — угольник для подсоединения соответственно керамических (ТУ 6-19-154—80) и пластмассовых дрен (ТУ 6-19-051—81, ТУ 6-05-1609—77).

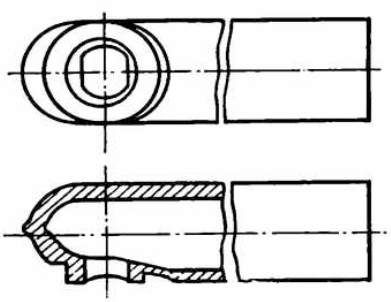


Рис. 10.10 Керамическая устьевая фасонная труба для соединения керамических дрен и коллекторов.

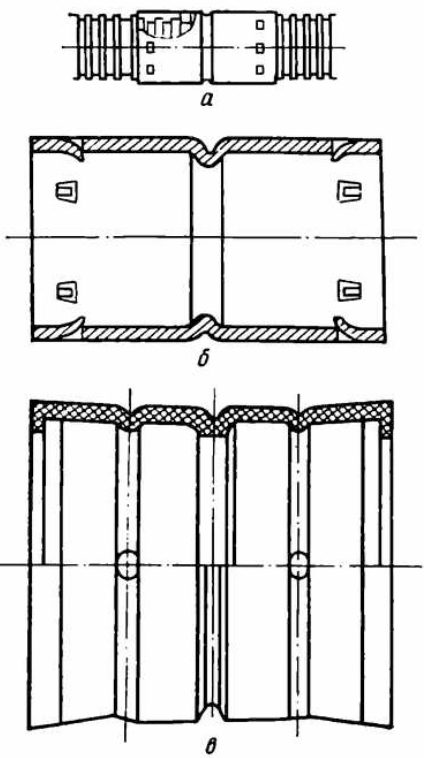


Рис. 10.11. Общий вид (*а*) и варианты конструкций пластмассовых муфт (*б*, *в*) для соединения пластмассовых труб (ТУ 6-19-051—81).

10.19. Номенклатура соединительных деталей для закрытого дренажа

Назначение	Типоразмер, мм	Нормативы	Условия применения
	Тройники (рис. 10.8)		
Подсоединение дрен к коллекторам и коллекторов низшего порядка к коллекторам высшего порядка:			
для керамического дренажа	50×75, 50×100, 75×100, 100×125	ТУ 6-19-154—80, ТУ 33-38-01—80	Рекомендуются во всех случаях
для пластмассового дренажа	50×75, 50×110, 63×75, 63×90, 63×110	ТУ 6-19-051—81, ТУ 6-05-1609—77, ТУ 33-184—80	
подсоединение пластмассовых и керамических дрен к керамическому коллектору	50×100, 63×100	—	
	Угольники (рис. 10.9, *г* и *д*)		
Подсоединение дрен к керамическому коллектору любого диаметра:			Целесообразно применять при отсутствии тройников
для керамических дрен	50, 63, 75	ТУ 6-19-051—81, ТУ 6-05-1609—77	
для пластмассовых дрен	50	ТУ 6-19-154—80	
	Втулки (рис. 10.9, *в*)		
Подсоединение керамических дрен к керамическому коллектору	50×(75...150) 75×(100...200)	ТУ 6-19-154—80	Рекомендуются ограниченно при отсутствии тройников, угольников, устьевых труб

	Устьевые трубы (рис. 10.10)		
Подсоединение керамических дрен к керамическому коллектору любого диаметра	50	—	Рекомендуются при отсутствии тройников и угольников
	Муфты		
Соединение пластмассовых труб (рис. 10.11)	50, 63, 75, 90, 110	ТУ 6-19-051—81	Рекомендуются при строительстве пластмассового дренажа для соединения отрезков пластмассовых труб
Соединение керамических труб в сложных гидрогеологических условиях (рис. 10.12, *а, б, г, д*)	50	ТУ 33-72—79, ТУ 33-104—78 ТУ 33-116—79 ТУ 6-19-154—80	Целесообразно применять при строительстве дрен в плывунах и на торфяных почвах во избежание просадки отдельных труб (взамен стеллажей), при укладке дрен в узкую траншею, если не удается обеспечить оптимальную ширину стыковых зазоров, и в случаях, когда при устройстве объемных фильтров возможна «раскатка» уложенных дренажных труб, например, при засыпке в траншею песчано-гравийной смеси

Продолжение

Назначение	Типоразмер, мм	Нормативы	Условия применения
		Муфты	
Установка муфт-диафрагм в керамические коллекторы для гашения энергии воды при больших уклонах (рис. 10.12, *в*)	75, 100, 125, 150	ТУ 33-81—83	Рекомендуется применять при скоростях движения воды более 1,5 м/с
Соединение пористых керамзитобетонных трубофильтров (рис. 10.13)	50, 75, 100, 125, 150	ТУ 33-176—80	Рекомендуются во всех случаях
		Заглушки (рис. 10.14)	
Закрытие торцов: керамических дрен пластмассовых дрен и коллекторов	50, 75 50, 63, 75, 90, 110	ТУ 6-19-154—80 ТУ 6-05-1609—77 ТУ 6-19-051—81	Рекомендуются во всех случаях
		Истоковые трубы (рис. 10.15)	
Повышение водоприемной способности истоков керамических дрен	50	ТУ 33-40-01—80	Рекомендуются ограниченно при отсутствии заглушек
		Переходники (рис. 10.16)	
Устройство качественного перехода от одного диаметра керамического коллектора к другому	50×75, 75×100, 100×125, 125×150	ТУ 6-19-154—80	Рекомендуются во всех случаях

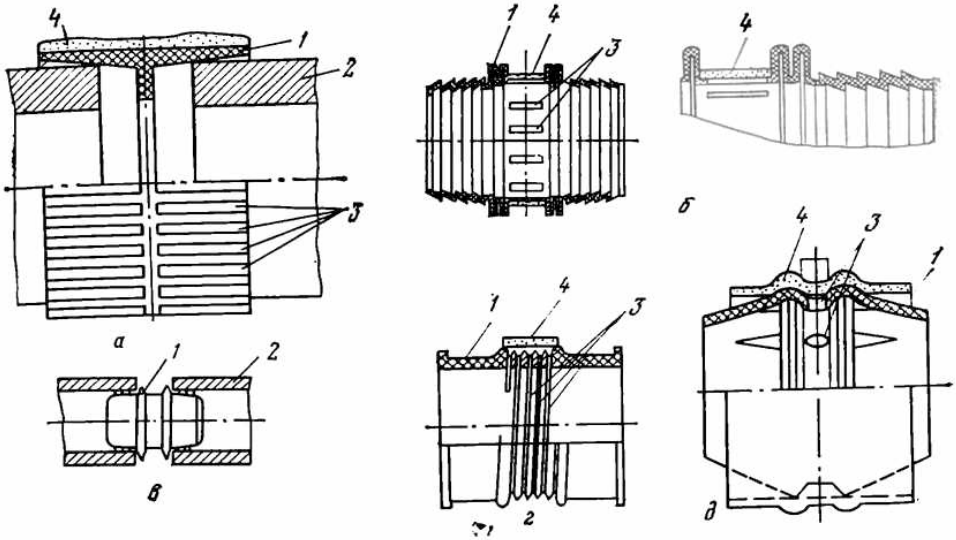


Рис. 10.12. Пластмассовые соединительные муфты для керамического дренажа:

а — наружная муфта БелНИИМиВХ (ТУ 6-19-154—80); *б* — внутренняя муфта Львовгипроводхоза (ТУ 33-116—79); *в* — муфта-диафрагма Львовгипроводхоза для гашения энергии воды в коллекторах на больших уклонах (ТУ 33-81—83); *г* — внутренняя муфта Укроргводстроя (ТУ 33-104—78); *д* — внутренняя муфта ВНИИводполимера (ТУ 33-72—79); *1* — корпус муфты; *2* — керамическая труба; *3* — водоприемные отверстия; *4* — защитно-фильтрующие материалы.

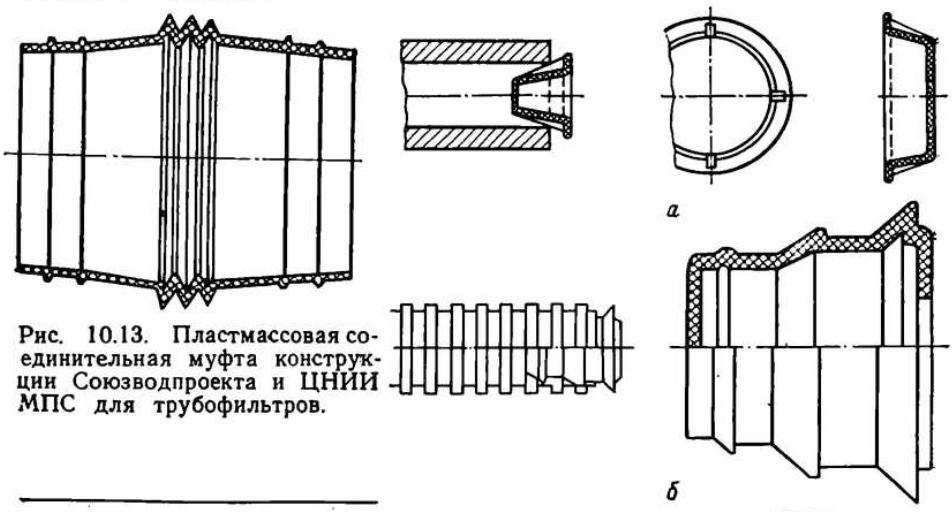


Рис. 10.13. Пластмассовая соединительная муфта конструкции Союзводпроекта и ЦНИИ МПС для трубофильтров.

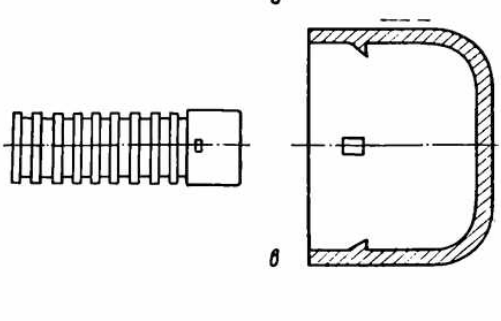


Рис. 10.14. Общий вид конструкции заглушек для дрен и коллекторов:

а — заглушка для керамических дрен (ТУ 6-19-154—80); *б* — заглушка для пластмассовых дрен (ТУ 6-05-1609—77); *в* — заглушка для пластмассовых коллекторов (ТУ 6-19-51—81).

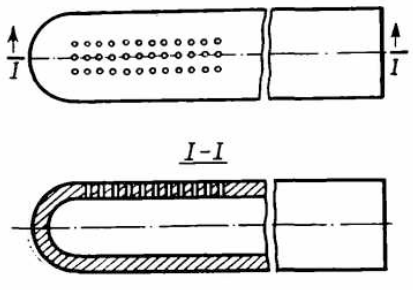


Рис. 10.15. Истоковые трубы для керамического дренажа (ТУ 33-40-01—80).

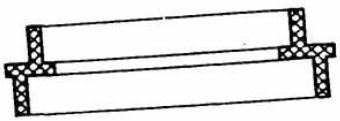


Рис. 10.16. Конструкция пластмассового переходника для перехода от одного диаметра коллектора к другому (ТУ 6-19-154—80).

единительных деталей сокращает затраты времени в 2 ... 5 раз. Особенно эффективно подсоединение с помощью тройников, так как в этом случае отпадает необходимость в сверлении или пробивке отверстий в дренажных трубах.

Необходимость применения соединительных муфт при строительстве пластмассового дренажа объясняется тем, что длина труб в бобинах, поставляемых на объекты строительства, обычно некратна длине дрен, в результате чего остаются обрезки труб, которые после соединения между собой пригодны для укладки.

Условия применения соединительных муфт для керамического дренажа изложены в таблице 10.19. Внутренние муфты при укладке керамических дрен, несмотря на увеличение шероховатости дренажного трубопровода, позволяют укладывать дрены длиной до 250 м. Устройство объемных фильтров толщиной не менее 20 см, которое обязательно при строительстве закрытого дренажа, нивелирует разницу в конструкциях дрен с муфтами и без них.

Заглушки и истоковые трубы практически предназначены для одной и той же цели: конструктивно оформить исток дрен. При отсутствии заглушек и истоковых труб истоки дрен прикрывают дерном, забивают куском рулонного защитно-фильтрующего материала.

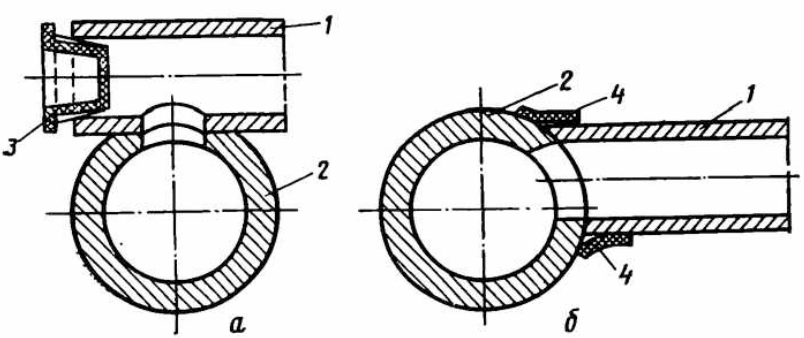


Рис. 10.17. Способы подсоединения керамических дрен к керамическим коллекторам без соединительных деталей:

а — внахлест; *б* — впритык; *1* — устьевая труба дрены; *2* — труба коллектора; *3* — заглушка; *4* — рулонные ЗФМ (круговая обертка).

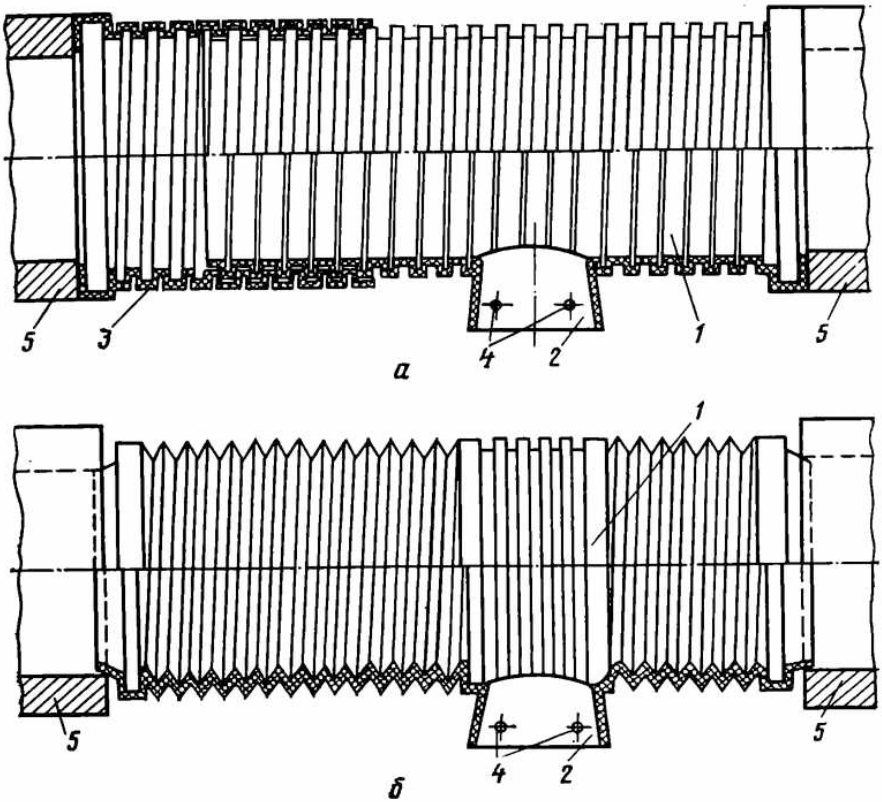


Рис. 10.18. Варианты тройника с изменяющейся длиной для подсоединения пластмассовой дрены к керамическому коллектору:

а — тройник с винтовым удлинителем; *б* — сжимаемый тройник; *1* — корпус тройника; *2* — отвод для подсоединения дрены; *3* — винтовой удлинитель; *4* — фиксаторы для закрепления гофрированной дренажной трубы; *5* — керамические трубы коллектора.

Для пластмассовых дренажных труб заглушки выпускают глухими (без водоприемных отверстий); заглушки для керамического дренажа (см. рис. 10.14, *а*) имеют выступы, в результате чего заглушка неплотно закрывает торец трубы и образует водоприемное отверстие (зазор). Эти заглушки можно использовать также и для закрытия торцов устьевых труб дрен при их подсоединении к коллектору с помощью втулок или внахлест.

В ближайшие годы при укладке закрытых коллекторов, как правило, будут применять керамические трубы. Поэтому из разработанных конструкций тройников наиболее рациональны конструкции пластмассового тройника с изменяющейся длиной для подсоединения керамических или пластмассовых дрен к керамическому коллектору (рис. 10.18). Его основное достоинство — возможность установки как в процессе, так и после укладки керамического коллектора. Тройник может быть установлен взамен извлекаемой из коллектора керамической трубы с любыми нормативными допусками по длине (±1 см). Это достоинство тройника с изменяющейся длиной позволяет использовать его при реконструкции закрытого дренажа (например, при учащении дрен).

10.20. Виды заиления (зарастания и забивки) внутренней полости закрытых дрен и коллекторов и мероприятия по повышению надежности закрытого дренажа

Виды заиления	Возможный характер заиления	Причины заиления	Мероприятия по предупреждению заиления и зарастания дренажа
Механическое	Отложение в полости коллекторов и дрен частиц грунта	Большие зазоры между керамическими трубами, обусловленные недостаточной жесткостью требований ГОСТ 8411—74 «Трубы керамические дренажные» к перпендикулярности торцов труб по отношению к продольной оси	Применение объемных и рулонных защитно-фильтрующих материалов, соединительных дренажных муфт с водоприемными отверстиями. Устройство колодцев-отстойников и их периодическая очистка. Проектирование и строительство коллекторов с уклонами, обеспечивающими их самопромывку (скорость воды 0,3 м/с и более)
		Чрезмерно крупная перфорация пластмассовых труб для конкретных грунтовых условий	Применение объемных и рулонных защитно-фильтрующих материалов
		Местные нулевые и обратные уклоны коллекторов и дрен	Контроль качества строительства, промывка коллекторов и дрен в процессе эксплуатации
		Некачественная стыковка керамических труб	Контроль качества строительства, применение соединительных муфт, пластмассовых и других дренажных труб с нормированными размерами водоприемных отверстий, выполненных в заводских условиях
		Смещение керамических труб в результате просадок дна дренажных траншей	Укладка керамических труб на сбиваемые между собой стеллажи, применение пластмассовых труб или соединительных дренажных муфт
	Кольматаж дренажных фильтров	Применение некондиционных рулонных материалов, объемных материалов с высоким содержанием мелких фракций	Применение рулонных защитно-фильтрующих материалов, прошедших необходимые испытания. Использование материалов для объемных фильтров с содержанием частиц диаметром более 0,5 мм не менее 40% массы

Продолжение

Виды заиления	Возможный характер заиления	Причины заиления	Мероприятия по предупреждению заиления и зарастания дренажа
	Местная забивка грунтом коллекторов или дрен	Некачественное подключение дрен к коллекторам	Контроль качества строительства, применение тройников заводского изготовления
		Некачественное подключение коллекторов к колодцам	Укладка единой асбестоцементной трубы на всем участке засыпки котлована, разработанного при установке колодца
		Некачественный монтаж колодцев	Контроль качества строительства
		Разрушение дренажных труб	Проверка соответствия прочностных свойств труб требованиям ГОСТа Соблюдение правил транспортировки и хранения дренажных труб (особенно при отрицательных температурах) Выдерживание проектной глубины заложения дрен и коллекторов
		Некачественное сопряжение закрытых коллекторов с проводящим каналом или водоприемником	Использование на устьевом участке коллекторов, в наибольшей степени подвергающемся пучинистым явлениям, воздействию поверхностных и русловых вод, деформации откосов длинномерных асбестоцементных или пластмассовых труб. Систематическая очистка устьев коллекторов после прохождения паводков
Химическое и биохимическое	Отложения в полости коллекторов и дрен, на дренажных фильтрах гидроокиси железа (охры)	Высокое содержание в грунтовых водах закисного железа	См. таблицу 10.21

Продолжение

Виды заиления	Возможный характер заиления	Причины заиления	Мероприятия по предупреждению заиления и зарастания дренажа
Биологическое	Сплошное зарастание полости коллекторов и дрен корнями растений	Близость древесно-кустарниковой растительности с глубокой и развитой корневой системой (осушение садов, лесо- и плодопитомников, парков)	Увеличение глубины укладки дрен до 2 м и более с обязательной оберткой рулонными защитно-фильтрующими материалами (основной вариант дренажа). Укладка перекрестного дренажа, при котором снижается опасность выхода его из строя при зарастании одной из дрен. Недостаток — большое число соединений регулирующих дрен между собой. Укладка дренажных труб в защитном кожухе из труб большего диаметра. Недостаток — сложность технологии строительства. (Варианты дренажа приведены в порядке возрастания сложности)
	Локальное зарастание полости коллекторов и дрен корнями растений	Пересечение трассами коллекторов участков с древесно-кустарниковой растительностью, близкое расположение трасс дрен	Трассы коллекторов и дрен следует располагать от древесно-кустарниковой растительности на расстоянии не менее (м): лиственные деревья — 20; хвойные — 30; фруктовые — 7; ольха, ива, шиповник, смородина — 15; кустарники других пород — 10 При пересечении коллекторами участков с древесно-кустарниковой растительностью должна быть предусмотрена глухая изоляция стыков керамических труб с помощью пергамина (ГОСТ 2697—75), толя (ГОСТ 10999—76), рубероида (ГОСТ 10923—76), полимерной пленки (ГОСТ 10354—73)

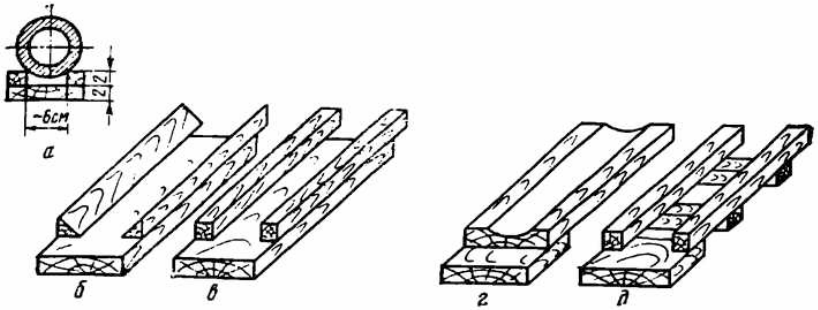


Рис. 10.19. Конструкции деревянных стеллажей для керамического дренажа:
а — общий вид; *б, в, г, д* — варианты конструкций.

10.21. Мероприятия по защите закрытого дренажа от заохривания

Содержание закисного железа в грунтовых водах, мг/л	Мероприятия
До 3	Защита дрен от механического заиления с использованием рулонных и объемных защитно-фильтрующих материалов Дополнительных мероприятий не требуется
3...8	В комплексе: устройство ловчих каналов для перехвата потока ожелезненных грунтовых вод; проектирование дренажных систем с прямолинейными закрытыми коллекторами одного порядка; увеличение уклонов устьевых участков дрен на длине 5...10 м до 0,01 и более; обеспечение постоянства или увеличение скоростей движения воды в коллекторах вниз по течению; уменьшение на 10% относительно расчетного расстояний между дренами; устройство объемных органических фильтров, содержащих дубильные вещества
8...14	Дополнительно к предыдущему комплексу предусматривается одно из следующего: увеличение минимальных уклонов коллекторов до 0,003, дрен до 0,006, диаметров дрен до 75...100 мм на минеральных и до 100...150 мм на торфяных грунтах; устройство постоянно затопленного дренажа (технологически осуществимо на польдерных системах): устройство одиночных дрен, впадающих в открытую проводящую сеть, для обеспечения их промывки; объединение истоков дрен дополнительным коллектором с возможностью подачи в него воды из напорной оросительной сети для обеспечения промывки; уменьшение расстояния между дренами на 20% относительно расчетных
Более 14	Проектирование открытой сети с последующей ее реконструкцией на закрытую сеть при уменьшении содержания в грунтовых водах закисного железа

10.5. СТЕЛЛАЖИ

В слабых грунтах возможны деформации керамических дрен и коллекторов как непосредственно при строительстве (например, в результате обрушения откосов при переезде бульдозером или экскаватором присыпанной дренажной траншеи), так и во время эксплуатации дренажа (в результате неравномерности осадки торфа по трассе дрен и коллекторов). Во избежание деформации дренажной линии, просадки или выпора отдельных дренажных труб в плывунах и на торфяниках при отсутствии соединительных муфт керамический дренаж укладывают на деревянных стеллажах (рис. 10.19).

В дренажной траншеи стеллажи соединяют между собой внахлест и обязательно сбивают. В противном случае возможен перекос дренажной трубы, укладываемой на два смежных стеллажа.

На торфяных почвах стеллажи следует применять в тех случаях, когда мощность торфа ниже дна траншеи более 0,5 м. Длина стеллажей 2 ... 4 м.

При проектировании дрен, и особенно коллекторов в вертикальной плоскости, строительную глубину траншей необходимо определять с учетом укладки дренажных труб на стеллажи.

10.6. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

Одна из важнейших проблем повышения эффективности закрытых осушительных систем — разработка мероприятий по повышению надежности закрытого дренажа (табл. 10.20 и 10.21).

Глава 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ

11.1. ПРИНЯТЫЕ ТЕРМИНЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основными терминами, принятыми в данной главе справочника, являются:

«идеальная» дрена» — цилиндрическая полость в грунте (труба без стенок);

степень вскрытия пласта — степень воздействия дрены на поток грунтовых вод, определяемая граничными условиями фильтрации;

характер вскрытия пласта — состояние вскрытия поверхности дренажной трубой (перфорацией); труба из достаточно фильтрующего материала (точнее, цилиндрическая полость в грунте) считается совершенной по характеру вскрытия пласта;

несовершенная дрена по характеру вскрытия пласта — перфорированная труба из нефильтрующего материала, расположенная на водоупоре;

несовершенная дрена по степени и характеру вскрытия пласта — перфорированная труба, лежащая выше водоупора;

совершенный канал — канал, прорезающий водоносный пласт до водоупора;

совершенная дрена — полость в грунте, расположенная на водоупоре;

несовершенная дрена по степени вскрытия пласта — полость в грунте, расположенная выше водоупора (частично прорезающая водоносный пласт).

Основные обозначения, принятые в формулах, таблицах и схемах главы 11:

B — расстояние между осями дрен, каналов, м;

k — коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

$k_{1, 2 \ldots n}$ — то же, отдельных слоев, считая от поверхности, м/сут;

k_Φ — коэффициент фильтрации фильтра, м/сут;

m — мощность расчетного слоя грунта, м;

$T=km$ — проводимость пласта, м²/сут;

μ — коэффициент водоотдачи (недостаток насыщения);

$H_р$ — расчетный напор, м;

τ — время стабилизации (по С. Ф. Аверьянову), сут;

q — интенсивность инфильтрационного питания (средний за расчетный период притока к дренам, каналам), м/сут;

$m_д$ — расстояние от оси дрены (уровня воды в канале) до водоупора, м;

$q_о$ — расчетный модуль стока, л/(с·га) = 1/116 м/сут;

$L_{нд}$ — общие фильтрационные сопротивления (по степени и характеру вскрытия пласта), м;

Φ_0 — безразмерные фильтрационные сопротивления «идеальной» дрены (полости в грунте), определяемые граничными условиями фильтрации (сопротивления на несовершенство дренажа по степени вскрытия пласта);

Φ_l — безразмерные фильтрационные сопротивления на несовершенство дренажа по характеру вскрытия пласта, зависящие от конструкций дренажных труб, параметров защитных фильтров и схем их укладки;

C_l — безразмерные фильтрационные сопротивления дренажных труб, уложенных без фильтров;
Ψ_Φ — приращения (положительные или отрицательные) безразмерных фильтрационных сопротивлений, обусловленные влиянием фильтра;
D — наружный диаметр дренажной трубы, м;
D_0 — внутренний ее диаметр, м;
δ — толщина фильтра, стенок трубофильтра, м;
τ_1 — ширина стыкового зазора между керамическими дренажными трубами, м;
τ_0 — ширина продольно-щелевой перфорации, м;
S_1 — длина труб (керамических), м;
S — шаг перфорации, м;
n — число рядов перфорации;
$N=n/S$ — число отверстий на 1 м трубы;
d_0 — диаметр перфорационных отверстий, см;
l — длина щелей, м;
l_1 — ширина полосы фильтра, м;
$k_{\Phi.\Phi}$ — коэффициент фильтрации стенок трубофильтра, м/сут;
b — глубина канала, глубина дрены (расстояние от поверхности земли до оси дренажной трубы), м;
b_0 — ширина канала по дну, м;
h_0 — глубина воды в канале, м;
P — смоченный периметр канала, м;
a — норма осушения к концу расчетного периода, м;
a_1 — глубина залегания УГВ в начале расчетного периода, м;
a_0 — мощность пахотного слоя почвы, м;
$H_в$ — глубина слоя затопления почвы, м;
$H_{св}$ — запас воды в снеге 10%-ной обеспеченности к началу таяния, м;
σ — коэффициент стока талых вод;
e — интенсивность испарения, м/сут;
p — интенсивность атмосферных осадков, м/сут;
Σh — сумма осадков за расчетный период, м;
i — уклон поверхности земли;
w — количество (слой) воды, подлежащей отведению, м.

Абсолютное большинство дренажных труб несовершенно по характеру вскрытия пласта, водоприемная способность их меньше «идеальной» дрены, принимаемой обычно в формулах для определения междренных расстояний. Защитный фильтр, представляющий промежуточный (между осушаемым грунтом и дренажной трубой) слой хорошо фильтрующего материала, не только предохраняет дрены от механического заиления, но и увеличивает водоприемную способность дренажа. Фильтры существенно ослабляют влияние несовершенства конструкций дренажных труб по степени вскрытия пласта на их осушительный эффект. При правильно подобранном фильтре изменяется структура грунтового потока вблизи дрен и увеличивается их водоприемная способность. Неправильно подобранный ($k_\Phi \ll k$) или закольматированный фильтр может существенно снизить осушительный эффект дренажа. Эти обстоятельства необходимо учитывать при определении междренных расстояний.

При подборе фильтра необходимо обеспечивать выполнение следующих соотношений: для песчаных и торфяных грунтов $k_\Phi/k \geqslant 5$; для глинистых $k_\Phi/k \geqslant 20$.

Приточность воды к элементам регулирующей сети и их водозахватная (водоприемная) способность, определяющая расчетные расстояния между отдельными дренами (каналами), зависят от условий фильтрации (характера напластования грунтов, их фильтрационных и емкостных свойств), климатических условий, конструктивных особенностей дренажных труб (диаметров длин размеров водоприемных отверстий), схем укладки и параметров (толщина, водопроницаемость) защитных фильтров, размеров каналов и др.

Ниже рассмотрены в основном те способы расчета расстояний между элементами регулирующей сети, которые позволяют учитывать практически все вышеперечисленные факторы. Большинство расчетных зависимостей получено на основе решения задач с применением метода фильтрационных сопротивлений, предложенного Ю. П. Борисовым и развитого С. Ф. Аверьяновым, В. М. Шестаковым, А. Я. Олейником, А. И. Мурашко и др.

Основные фильтрационные расчеты регулирующей сети проводят из условий обеспечения необходимой интенсивности снижения уровней грунтовых вод. При этом используют методы установившейся и неустановившейся фильтрации. При неустановившемся (нестационарном) режиме потока все его гидродинамические характеристики изменяются во времени, при установившемся (стационарном) эти характеристики постоянны. Действительная работа осушительной сети характеризуется условиями неустановившегося режима грунтовых вод. Расстояния между элементами регулирующей сети предпочтительнее рассчитывать по формулам неустановившегося движения. Однако разработаны они лишь для небольшого числа простых фильтрационных схем, поэтому на практике часто используют формулы установившегося движения.

11.2. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И РАСЧЕТНЫЕ ПЕРИОДЫ

Для определения расчетных расстояний между элементами регулирующей сети необходимо предварительно установить следующие показатели:

геолого-гидрогеологическое строение объекта: характер напластования грунтов, мощность водоносной толщи, наличие напорности и боковых притоков, расположение водоупоров, прослоек, разгрузочных окон;

водно-физические свойства грунтов: водопроницаемость, водоотдачу, недостаток насыщения (в практических расчетах его принимают равным водоотдаче);

параметры дренажных труб: диаметры, длины, размеры стыковых зазоров, форму, размеры и расположение перфорации, коэффициенты фильтрации стенок трубофильтров;

параметры защитных фильтров: поперечные и продольные коэффициенты фильтрации, толщины, схемы укладки;

глубины заложения дрен, схемы расположения регулирующей сети в плане;

климатические условия: распределение осадков, испарение, запасы воды в снеге к началу снеготаяния, слой затопления почвы и др.

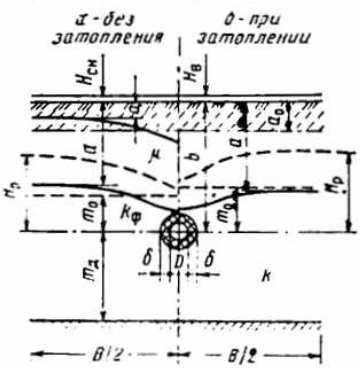
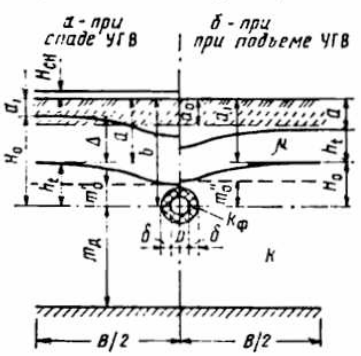
При решении задач по определению расстояний между элементами регулирующей мелиоративной сети расчетными периодами являются: весенний и летне-осенний. Первый — длительностью $t=10 \ldots 15$ сут после окончания снеготаяния — является основным, второй — проверочным. Фильтрационные расчеты на весенний период предусматривают обеспечение необходимой нормы осушения к началу полевых работ и вегетации растений. Здесь возможны два варианта: отсутствие затопления поверхности почвы при расположении УГВ к началу расчетного периода на глубине a_1; полное насыщение почвы водой и затопление поверхности слоем $H_в$.

Проверочные расчеты на летне-осенний период ведут по условиям: обеспечения нужной нормы осушения в этот период при выпадении интенсивных дождей; обеспечение необходимой скорости освобождения пахотного слоя почвы от гравитационной воды ($t=1 \ldots 3$ сут).

Для слабоводопроницаемых глинистых почв последнее условие является основным и для весеннего периода, при этом $t=10 \ldots 15$ сут, $a_0=0{,}2 \ldots 0{,}3$ м.

Как правило, проверочные расчеты на случай интенсивных дождей в летний период не делают ввиду того, что почва в это время обладает большой аккумулирующей емкостью, велико испарение и подъем УГВ небольшой. Что касается осеннего периода, то положение УГВ к началу затяжных дождей в расчетных принимается на уровне заложения дрен, норма осушения $a=0{,}6 \ldots 0{,}8$ м, испарение $e=0 \ldots 0{,}5$ м/сут.

11.1. Расчетные периоды и исходные параметры

Расчетная схема	Весенний без затопления поверхности почвы
Установившаяся фильтрация:  	Схема а $H_р = B - a_1 - 0{,}6(a - a_1)$ (11.1); $m_0 = 0{,}5 H_р$ (11.2); $q = w/t$ ($t = 10 \ldots 15$ сут) (11.3); $w = H_{сн}(1-\sigma) + (a-a_1)\mu + (p-e)t$ (11.4); для минеральных грунтов: $\mu_м = 0{,}056\sqrt{k}\sqrt[3]{B - H_р}$ (11.5); для торфа: $\mu_т = 0{,}116\,k^{3/8}(B - H_р)^{3/4}$ (11.6); $\sigma = 0{,}8$ ($i < 0{,}01$), $\sigma = 0{,}8 \ldots 0{,}9$ ($0{,}01 < i < 0{,}05$), (11.7); $\sigma = 0{,}9 \ldots 0{,}95$ ($i > 0{,}05$).
Неустановившаяся фильтрация:  	При расчетах по $H_р = B - a_1$ (11.15); $h_t = B - a$ (11.16); $\Delta = a - a_1$ (11.17); $m_0' = 0{,}5 h_t$ (11.18); $\mu_м = 0{,}56\sqrt{k}\sqrt[3]{\Delta} + \dfrac{H_{сн}(1-\sigma) + (p-e)t}{\Delta}$ (11.19); $\mu_т = 0{,}116\,k^{3/8}\Delta^{3/4} + \dfrac{H_{сн}(1-\sigma) + (p-e)t}{\Delta}$ (11.20); σ по формуле (11.7), $t = 10 \ldots 15$ сут
	При расчетах по $H_0 = B - a_1$ (11.32); $h_t = a_1 - a$ (11.33); $m_0'' = 0{,}5 H_0$ (11.34); $q = \dfrac{H_{сн}(1-\sigma) + (p-e)t}{t}$ (11.35); $\mu_м = 0{,}56\sqrt{k}\sqrt[3]{h_t}$ (11.36); $\mu_т = 0{,}116\,k^{3/8} h_t^{3/4}$ (11.37); σ по формуле (11.7)

период	*Летне-осенний период*	
при затоплении поверхности	*Расчет по норме осушения*	*Расчет по скорости освобождения пахотного слоя*
Схема б $H_p = B - 0{,}6a$ (11.6); $m_0 = 0{,}5 H_p$ (11.9); q *по формуле (11.3)* $\omega = H_B + a\mu + (p-e)t$ (11.10); μ *по формуле (11.5) или (11.6)* $t = 5 \ldots 10$ *сут*	*Схема а* $H_p = 0{,}6(B - \bar{a})$ (11.11); $\omega = \Sigma h - (B - \bar{a})\mu - et$ (11.12); q *по формуле (11.3),* μ *по формуле (11.5) или (11.6),* $\bar{a}$ *- норма осушения в летне-осенний период*	*Схема б* $H_p = B - 0{,}6a_0$ (11.13); $\omega = H_B - a_0\mu - et$ (11.14); q *по формуле (11.3),* μ *по формуле (11.5) или (11.6)* $t = 1 \ldots 3$ *сут*
требуемому понижению УГВ (схема а) $H_0 = B$ (11.21); $a_1 = 0$; $\Delta = a$ (11.22); h_t *по формуле (11.16),* m_0' *по формуле (11.18),* $\mu_M = 0{,}056\sqrt{k}\sqrt[3]{a} + \dfrac{H_B + (p-e)t}{a}$ (11.23); $\mu_T = 0{,}116 k^{3/8} a^{3/4} + \dfrac{H_B + (p-e)t}{a}$ (11.24) $t = 10 \ldots 15$ *сут*	$H_0 = B - \bar{a}_1$ (11.25); $\Delta = \bar{a} - \bar{a}_1$ (11.26); $h_t = B - a$ (11.27), m_0' *по формуле (11.18)* $\mu_M = 0{,}056\sqrt{k}\sqrt[3]{\Delta} + \dfrac{\Sigma h - et}{\Delta}$ (11.28); $\mu_T = 0{,}116 k^{3/8}\Delta^{3/4} + \dfrac{\Sigma h - et}{\Delta}$ (11.29); $\bar{a}_1$ *- глубина УГВ к началу дождей*	$a_1 = 0$; H_0 *по формуле (11.21),* $h_t = B - a_0$ (11.30); $\Delta = a_0$ (11.31); m_0' *по формуле (11.18),* μ *по формуле (11.23) или (11.24) при* $a = a_0$, $t = 1 \ldots 3$ *сут*
допустимому подъему УГВ (схема б)	$H_0 = B - \bar{a}_1$ (11.38); $h_t = \bar{a}_1 - \bar{a}$ (11.39); $q = \dfrac{\Sigma h - et}{t}$ (11.40); μ *по формуле (11.36) или (11.37),* m_0'' *по формуле (11.34)*	

При использовании формул, основанных на методе неустановившейся фильтрации, возможны фильтрационные расчеты мелиоративной сети по условию допустимого подъема УГВ. Если к началу снеготаяния УГВ расположен на большой глубине, то расстояния между регулирующими элементами можно определить из условия недопущения подъема воды в почвогрунте к началу полевых работ выше требуемой нормы осушения. В летне-осенний период требованием является недопущение подъема УГВ от интенсивных дождей выше нормы осушения в этот период или недопущение затопления корнеобитаемого слоя почвы.

Расчетные периоды для условий установившейся и неустановившейся фильтрации с указанием расчетных схем и формул для определения исходных параметров даны в таблице 11.1.

11.3. СХЕМАТИЗАЦИЯ ПРИРОДНОЙ ОБСТАНОВКИ, РАСЧЕТНЫЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СХЕМЫ

Действительную природную обстановку обычно существенно схематизируют и представляют той или иной фильтрационной схемой, которая является основой для выбора метода расчета и расчетных зависимостей. Схему составляют для всего массива или выделенных характерных (однотипных) участков, используя данные по режиму, строению и структуре потоков, условиям питания, геофильтрационным параметрам водоносных горизонтов, геометрическому строению областей фильтрации и др.

Основные виды питания грунтовых вод — инфильтрационное, напорное из нижележащих напорных горизонтов и боковой приток. При значительной площади осушаемого объекта, как правило, имеет место инфильтрационное питание. Для участков, примыкающих к водохранилищам, озерам, крупным водотокам, существенную роль играет боковой приток. Для притеррасных участков и тальвегов узких заболоченных пойм характерно значительное напорное питание с нижних водоносных горизонтов. На многих осушаемых объектах наблюдается смешанное питание.

Расчетная схема определяется геометрической формой пласта и характером его внешних границ, конфигурацией водоупорного ложа пласта, геологолитологическим его строением. Верхней границей фильтрационной схемы является поверхность почвы, нижней — водоупор или кровля мощного напорного горизонта. Обычно на схемах водоупор принимается в виде горизонтальной плоскости, проходящей через среднюю на данном участке отметку. Схематизация геологического строения сводится к тому, что многослойный пласт приводится к схемам однородной, двухслойной или n-слойной среды. Волнистые и наклонные границы между слоями заменяют горизонтальными линиями. Устанавливают мощность и водно-физические характеристики грунтов, среднюю для участка интенсивность инфильтрации и подпитывания снизу, напорность в нижних слоях.

11.4. ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТРУБЧАТОГО ДРЕНАЖА

РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ, ОСНОВАННЫЕ НА МЕТОДЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

В общем случае приток воды на единицу длины дрены

$$Q = \frac{2\pi k H_p}{\Phi_o + \Phi_i}, \tag{11.41}$$

где
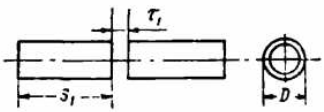
$$\Phi_i = \alpha\psi_\Phi + C_i\left(1 - \alpha + \frac{k}{k_\Phi}\alpha\right), \tag{11.42}$$

11.2. Безразмерные фильтрационные сопротивления дрен по характеру вскрытия пласта

Конструкция труб и фильтров и схемы их укладки	Расчетные зависимости

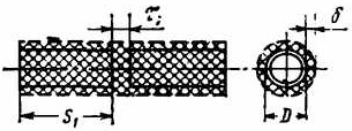
I. Керамические трубы

а — без фильтра или с внутренними соединительными втулками (муфтами)



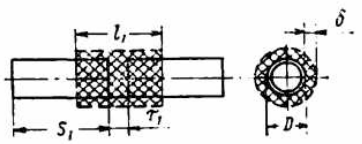
$$\Phi_1 = C_\Gamma = \frac{1}{\pi} \ln \frac{4S_1}{D} \times \times \ln \frac{1}{\sin \frac{\pi}{2} \frac{\tau_1}{S_1}} \quad (11.46);$$

б — фильтр сплошной



$$\Phi_1 = \left(\frac{k}{k_\Phi} - 1\right) \ln \frac{D + 2\delta}{D} + + \frac{k}{\pi k_\Phi} \ln \frac{4S_1}{D} \ln \frac{1}{\sin \frac{\pi}{2} \frac{\tau_1}{S_1}} \quad (11.47);$$

в — фильтр прерывистый или наружные фильтрующие муфты



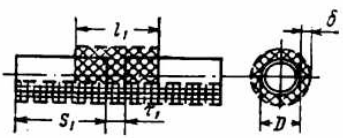
$$\Phi_i = \alpha \psi_\Phi + C_\Gamma \left(1 - \alpha + \frac{k}{k_\Phi} \alpha\right) \quad (11.48);$$

C_Γ по формуле (11.46),

$$\psi_\Phi = \left(\frac{k}{k_\Phi} - 1\right) \ln \frac{D + 2\delta}{D} \quad (11.49);$$

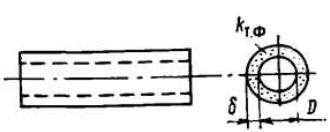
$$\alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{S_1 - l_1}{l_1}\right)^3} \quad (11.50);$$

г — фильтр комбинированный



Φ_i по формуле (11.48);
C_Γ по формуле (11.46);
Ψ_Φ по формуле (11.49);
$\alpha = 0{,}95...0{,}98$ при $l_1 \geqslant 0{,}3S_1$

II. Трубофильтры

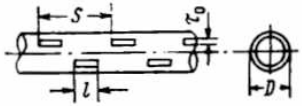


$$\Phi_1 = \left(\frac{k}{k_{1\Phi}} - 1\right) \ln \frac{D_0 + 2\delta}{D_0} \quad (11.51)$$

Конструкция труб и фильтров и схемы их укладки	Расчетные зависимости

III. Пластмассовые трубы

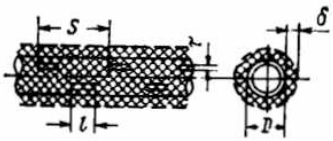
а — с продольно-щелевой перфорацией без фильтра



$$\Phi_i = \frac{2S}{nl} \ln \frac{1}{\sin \frac{nl}{2S} \theta} \quad (11.52);$$

$$\theta = \arcsin \frac{\tau_0}{D} \quad (11.53);$$

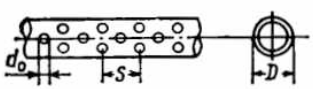
б — с продольно-щелевой перфорацией с фильтром



$$\Phi_i = \left(\frac{k}{k_\Phi} - 1\right) \ln \frac{D + 2\delta}{D} + 2 \frac{k}{k_\Phi} \frac{S}{nl} \ln \frac{1}{\sin \frac{n}{2} \frac{l}{S} \theta} \quad (11.54);$$

θ по формуле (11.53);

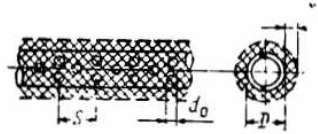
в — с круглой перфорацией без фильтра



$$\Phi_i^0 = \frac{49{,}4\,(1{,}012 d_0^{-1{,}82} + 1)}{\left(\frac{n}{S}\right)^{(0{,}0066 d_0^{4{,}5} + 1{,}33)}} \quad (11.55);$$

d_0 в см, S в м,

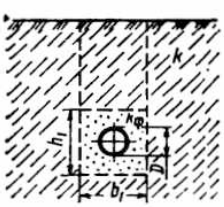
г — с круглой перфорацией и фильтром



$$\Phi_i = \left(\frac{k}{k_\Phi} - 1\right) \ln \frac{D + 2\delta}{D} + \frac{k}{k_\Phi} \Phi_i^0 \quad (11.56);$$

Φ_i^0 по формуле (11.55), d_0 в см, S в м

IV. Трубы в песчано-гравийной засыпке



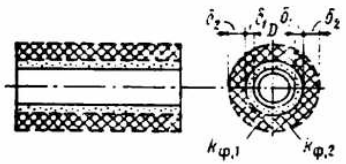
Φ_i по формуле (11.47) для керамических труб, по формулам (11.54) и (11.56) для пластмассовых при

$$\delta = \frac{0{,}53\,(b_1 + h_1) - D}{2} \quad (11.57)$$

Конструкция труб и фильтров и схемы их укладки	Расчетные зависимости

V. Трубы с двухслойным фильтром

а — пластмассовые трубы и трубофильтры

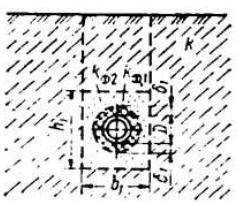


$$\Phi_{l,2} = \ln\frac{D}{D+2(\delta_1+\delta_2)} + \frac{k}{k_{\Phi,2}}\ln\frac{D+2(\delta_1+\delta_2)}{D+2\delta_1} + \frac{k}{k_{\Phi,1}}\ln\frac{D+2\delta_1}{D} + \frac{k}{k_{\Phi,1}}C_l \quad (11.58);$$

$C_l = \Phi_l$ по формуле (11.52) или (11.55) в зависимости от конструкций труб.

Для трубофильтров $D = D_o$, $\delta_1 = \delta$ (схема II), $C_l = 0$, $k_{\Phi.1} = k_{т\Phi}$.

б — трубы с фильтром и трубофильтры в песчано-гравийной засыпке



$\Phi_{l,2}$ по формуле (11.58) при

$$\delta_2 = \frac{0{,}53(b_1+h_1)-(D-2\delta_1)}{2} \quad (11.59);$$

$C_l = \Phi_l$ по формуле (11.52) или (11.55) в зависимости от конструкций труб.

Для трубофильтров в засыпке:

$$D = D_o; \quad \delta_1 = \delta \text{ (схема II)}, \quad k_{\Phi,1} = k_{т\Phi}.$$

$0 < \alpha < 1$ — коэффициент, учитывающий схему укладки фильтра (при отсутствии фильтра $\alpha = 0$; при круговом $\alpha = 1$);

$$\Psi_\Phi = \left(\frac{k}{k_\Phi} - 1\right)\ln\frac{D+2\delta}{D}. \quad (11.43)$$

Расчетные зависимости для вычисления фильтрационных сопротивлений на несовершенство дренажа по характеру вскрытия пласта для наиболее распространенных конструкций труб и схем укладки фильтров даны в таблице 11.2.

Расстояния между дренажными линиями находят по формулам:

при стационарной (установившейся) фильтрации

$$B = 4\left(\sqrt{L_{нд}^2 + \frac{H_p T}{2q}} - L_{нд}\right), \quad (11.44)$$

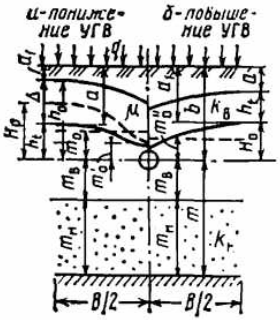
при нестационарной (неустановившейся)

$$B = 4\left(\sqrt{L_{нд}^2 + \frac{\tau T}{4\mu}} - L_{нд}\right), \quad (11.45)$$

где $L_{нд}$ — суммарные фильтрационные сопротивления (по степени и характеру вскрытия пласта).

Величины $L_{нд}$ определяются начальными и граничными условиями фильтрации; расчетные формулы для их вычисления приведены в таблицах 11.3 ... 11.6.

11.3. Расстояния между дренами в двухслойных грунтах (при $m_д \leqslant B/4$)

Расчетная схема	Установившаяся фильтрация	Неустановившаяся фильтрация	
	по заданному понижению УГВ		по допустимому подъему УГВ
	Схема *а* B по формуле (11.44), $H_р$ по таблице 11.1, $T = k_в(m_в + m_o) + k_н m_н$ (11.63); $m_o = 0{,}5H_р$ (11.64); $L_{нд} = \beta_в \frac{k_н}{k_в} \frac{m}{\pi}\left[\ln\frac{2m}{\pi D} + \frac{2m_o}{m}\ln\frac{4m_o}{\pi D} + \left(1 + \frac{2m_o}{m}\right)\Phi_l\right] + \frac{k_в - k_н}{k_в}\frac{m_н}{\pi}\left[\ln\frac{2m_в}{\pi D} + \frac{2m_o}{m_в}\ln\frac{4m_o}{\pi D} + \left(1 + \frac{2m_o}{m_н}\right)\Phi_l\right]$ (11.65); $\beta_в$ по рисунку 11.1 или по формуле (11.60) при $\bar{r}$, λ, $\bar{m}$ по таблице 11.7, Φ_l по таблице 11.2, q по таблице 11.1	Схема *а* B по формуле (11.45), $T = k_в(m_в + m_o') + k_н m_н$ (11.66); $h_t = b - a$ (11.67); $H_o = b - a_1$ (11.68); $h_t = H_o - \Delta$ (11.69); $\Delta = a - a_1$ (11.70); $\eta = h_t/H_o$ (11.71); $\tau = t/\bar{t}$ (11.72); $\bar{t} = f(\eta, \eta_m)$ по рисунку 11.2, $\eta_m = T/h_t k_в$ (11.73); $L_{нд}$ по формуле (11.65) при $m_o = m_o'$, Φ_l по таблице 11.2, $m_o' = 0{,}5h_t$ (11.74), μ по формулам (11.19)...(11.24)	Схема *б* B по формуле (11.45), $T = k_в(m_в + m_o'') + k_н m_н$ (11.75); $m_o'' = 0{,}5H_o$ (11.76); H_o по формуле (11.68); $h_t = a_1 - a$ (11.77); $\gamma = \mu h_t/qt$ (11.78); $\bar{t} = f(\gamma)$ (рис. 11.3), τ по формуле (11.72), $L_{нд}$ по формуле (11.65) при $m_o = m_o''$, q по формуле (11.35), (11.40), Φ_l по таблице 11.2, μ по формулам (11.36), (11.37)

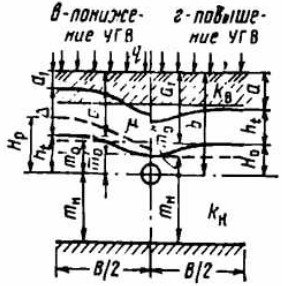


Схема в

B по формуле (11.44), $m_о$ по формуле (11.64)

$$T = k_н (m_н + m_о) \quad (11.79);$$

$$L_{нд} = \frac{m_н}{\pi}\left[\ln\frac{2m_н}{\pi D} + \frac{2m_о}{m_н}\ln\frac{4m_о}{\pi D} + \left(1+\frac{2m_о}{m_н}\right)\Phi_t\right] \quad (11.80);$$

Φ_t по таблице 11.2, q и $H_р$ по таблице 11.1

Схема в

B по формуле (11.45),

$$T = k_н (m_н + m_о') \quad (11.81);$$

$m_о'$ по формуле (11.74), $L_{нд}$ по формуле (11.80) при $m_о = m_о'$, h_t по формуле (11.67), η по формуле (11.71), $H_о$ по формуле (11.68), τ по формуле (11.72), t по рисунку 11.2, η_m по формуле (11.73), Δ по формуле (11.70), Φ_i по таблице 11.2, μ по формулам (11.19)–(11.24)

Схема г

B по формуле (11.45),

$$T = k_н (m_н + m_о'') \quad (11.82);$$

$m_о''$ по формуле (11.76), γ по формуле (11.78), t по рисунку 11.3, τ по формуле (11.72), $H_о$ формуле (11.68), h_t по формуле (11.77), $L_{нд}$ по формуле (11.80) при $m_о = m_о''$, Φ^i по таблице 11.2, q по формуле (11.35), μ по формуле (11.36)

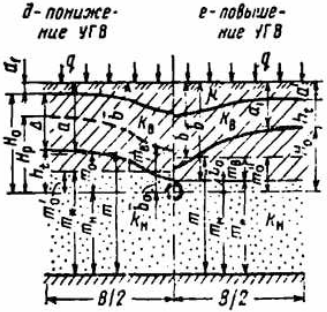


Схема д

B по формуле (11.45), $m_о$ по формуле (11.64),

$$T = k_в (m_о - \overline{b_0}) + k_н m_*$$
(11.83);

$$H_р = b - a_1 - 0{,}6\,(a - a_1) \quad (11.84);$$

Схема д

B по формуле (11.45), $m_о'$ по формуле (11.74)

$$T = k_в (h_t - \overline{h_0}) + k_н m_*$$
(11.86);

$L_{нд}$ по формуле (11.85) при $m_о = m_о'$, $H_о$ по формуле (11.68), h_t по формуле (11.67), η по

Схема е

B по формуле (11.45), $m_о''$ по формуле (11.76)

$$T = k_в (m_о'' - \overline{b_0}) + k_н m_н$$
(11.87);

γ по формуле (11.78), $\overline{t}$ по рисунку 11.3, τ по формуле (11.72), $H_о$ по формуле (11.68),

Продолжение

Расчетная схема	Установившаяся фильтрация	Неустановившаяся фильтрация	
	по заданному понижению УГВ		по допустимому подъему УГВ
	$L_{нд}=\beta_н \frac{k_в}{k_н} \frac{m}{\pi}\left[\ln \frac{2m}{\pi D}+\right.$ $+\frac{2m_o}{m}\ln\frac{4m_o}{\pi D}+$ $\left.+\left(1+\frac{2m_o}{m}\right)\Phi_l\right]+$ $+\frac{k_н-k_в}{k_н}\frac{m_*}{\pi}\left[\ln\frac{2m_*}{\pi D}+\right.$ $+\frac{2m_o}{m_*}\ln\frac{4m_o}{\pi D}+$ $\left.+\left(1+\frac{2m_o}{m^*}\right)\Phi_l\right]$ (11.85); Φ_l по таблице 11.2, q по таблице 11.1	формуле (11.71), τ по формуле h_l по формуле (11.77), $L_{нд}$ по (11.72), t по рисунку 11.2, η_m формуле (11.85) при $m_o=m_o''$. по формуле (11.73), Δ по фор- μ по формуле (11.36), (11.37), муле (11.70), Φ_l по таблице Φ_l по таблице 11.2 11.2, μ по формулам (11.19)... (11.24)	

Примечание. Схемы *а* и *б* при колебании УГВ в верхнем слое и расположении дрены в нем. Схемы *в* и *г* при расположении дрены в нижнем слое и УГВ преимущественно в нем же. Схемы *д* и *е* при расположении дрены в нижнем и колебании УГВ в верхнем слое.

11.4. Расстояния между дренами в однородном грунте (при расчетах по заданному понижению УГВ)

Расчетная схема	Установившаяся фильтрация	Неустановившаяся фильтрация

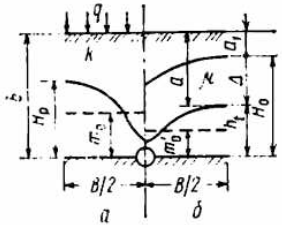


Схема *а*

B по формуле (11.44),

$$T=km_0 \qquad (11.88);$$

$$L_{нд}=\frac{2m_0}{\pi}\left(\ln\frac{4m_0}{\pi D}+\Phi_t\right) \qquad (11.89);$$

m_0 по формуле (11.64), $H_р$ и q по таблице 11.1, Φ_t по таблице 11.2

Схема *б*

B по формуле (11.45),

$$T=km'_0 \qquad (11.90);$$

m'_0 по формуле (11.74), h_t по формуле (11.67); H_0 по формуле (11.68), η по формуле (11.71); τ по формуле (11.72), $\bar{t}=f(\eta, \eta_m)$ по рисунку 11.2,

$$\eta_m=T/h_tk \qquad (11.91);$$

$L_{нд}$ по формуле (11.89) при $m_0=m'_0$, Φ_t по таблице 11.2, μ по таблице 11.1

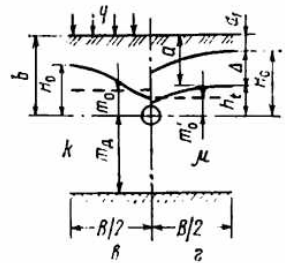


Схема *в*

При $m_д \leqslant B/4$
B по формуле (11.44), m_0 по формуле (11.64),

$$T=k(m_д+m_0) \qquad (11.92);$$

$$L_{нд}=\frac{m_д}{\pi}\left[\ln\frac{2m_д}{\pi D}+\frac{2m_0}{m_д}\ln\frac{4m_0}{\pi D}+\left(1+\frac{2m_0}{m_д}\right)\Phi_t\right] \qquad (11.93);$$

При $m_д > B/4$

$$B=\frac{2\pi kH_р}{q\left(\ln\frac{2B}{\pi D}+\Phi_t\right)} \qquad (11.94);$$

$H_р$ и q по таблице 11.1, Φ_t по таблице 11.2

Схема *г*

B по формуле (11.45),

$$T=k(m_д+m'_0) \qquad (11.95);$$

m'_0 по формуле (11.74), h_t по формуле (11.67), η по формуле (11.71), H_0 по формуле (11.68), τ по формуле (11.72), $\bar{t}$ по рисунку 11.2, $L_{нд}$ по формуле (11.93) при $m_0=m'_0$, Φ_t по таблице 11.2, μ по таблице 11.1

11.5. Расстояния между дренами в трехслойном грунте (при расчетах по заданному понижению УГВ)

Расчетная схема	Установившаяся фильтрация	Неустановившаяся фильтрация

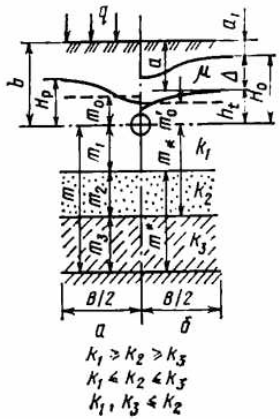


Схема *а*

B по формуле (11.44),

$$T = k_1 (m_1 + m_0) + k_2 m_2 + k_3 m_3 \quad (11.96);$$

$$L_{нд} = \beta_1 \beta_2 m (k_3/k_2) (f + f_0) + \\ + \beta_* \frac{k_2 - k_3}{k_1} (f_* + f_{*,0}) + \\ + m_1 \frac{k_1 - k_2}{k_1} (f_1 + f_{1,0}) \quad (11.97);$$

$$m = m_1 + m_2 + m_3 \quad (11.98);$$

$$m_* = m_1 + m_2 \quad (11.99);$$

$$f_i = (f; f_*; f_1) = \frac{1}{\pi} \left(\ln \frac{2m_i}{\pi D} + \right. \\ \left. + \frac{2m_0}{m_i} \ln \frac{4m_0}{\pi D} \right) \quad \text{при}$$

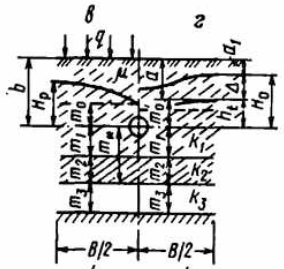
$$m_i = m, m_*, m_1 \quad (11.100);$$

$$f_{i,0} = (f_0; f_{*,0}; f_{1,0}) = \left(1 + \frac{2m_0}{m_i}\right) \frac{\Phi_i}{\pi} \quad (11.101);$$

$H_р$ и q по таблице 11.1, m по формуле (11.64), Φ_i по таблице 11.2; β_i по рисунку 11.1 или по формуле (11.60) при λ, $\bar{r}$, $\bar{m}$ по таблице 11.7

Схема *б*

B по формуле (11.45), *T* по формуле (11.96) при $m_0 = m'_0$, m'_0 по формуле (11.74), h_t по формуле (11.67), H_0 по формуле (11.68), η по формуле (11.71), τ по формуле (11.72), $\bar{t}$ по рисунку 11.2, η_m по формуле (11.73), $L_{нд}$ по формуле (11.97), m по формуле (11.98), m_* по формуле (11.99), f_i по формуле (11.100), $f_{i,0}$ по формуле (11.101) при $m_0 = m'_0$, Φ_i по таблице 11.2, μ по таблице 11.1



$k_3 \gg k_2 \left(\frac{k_2}{k_3} < 0{,}1\right);\ \frac{k_2}{k_1} \gg 0{,}01$

Схема *в*

B по формуле (11.44), T по формуле (11.96),

$$T_3 = k_3 m_3 \qquad (11.102);$$

$$L_{нд} = m\left(f_1 + f_{1,o}\right) + \frac{T_3}{k_1}\left[\alpha_1 \frac{k_1}{k_2} \times \right.$$

$$\left. \times \left(\bar{f}_* + f_{*,o}\right) + \frac{k_2 - k_1}{k_2}\left(\bar{f}_1 + f_{1,o}\right)\right] \qquad (11.103);$$

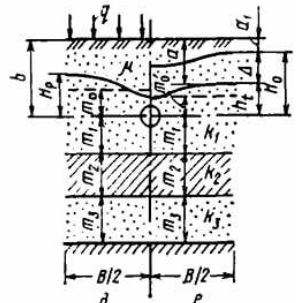
f_1 по формуле (11.100),

$$\bar{f}_l = \left(\bar{f}_*; \bar{f}_1\right) = \frac{1}{\pi} \ln \frac{8m_i}{\pi D} \qquad (11.104);$$

$f_{1,o}$ по формуле (11.101), α_1 по рисунку 11.4 или по таблице 11.7, $H_р$ и q по таблице 11.1, m_o по формуле (11.64), Φ_i по таблице 11.2

Схема *б*

B по формуле (11.45), T по формуле (11.96) при $m_o = m'_o$ по формуле (11.74), h_t по формуле (11.67), H_o по формуле (11.68), η по формуле (11.71), τ по формуле (11.72), $\bar{t}$ по рисунку 11.2, η_m по формуле (11.77), $L_{нд}$ по формуле (11.103), m_* по формуле (11.99), $\bar{f}_i$ по формуле (11.103), f_1 по формуле (11.100), $f_{1,o}$ по формуле (11.101), α_1 по рисунку 11.4 или по таблице 11.7, $H_р$ и q по таблице 11.1, Φ_i по таблице 11.2



$k_3 \gg k_2;\ k_2/k_1 \leqslant 0{,}01$

Схема *д*

B по формуле (11.44), T_3 по формуле (11.102),

$$L_{нд} = \xi\left[\frac{T}{k_1}\left(f_1 + f_{1,o}\right) + \frac{0{,}5T_3}{CT_1}\right] \qquad (11.105);$$

$$T_1 = k_2\left(m_1 + m_0\right) \qquad (11.106);$$

$$T = T_1 + T_3 \qquad (11.107);$$

$$C = \sqrt{\frac{k_2 T_2}{m_2 T_1 T_3}} \qquad (11.108);$$

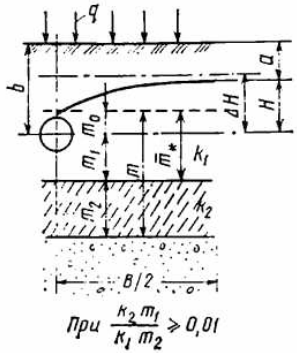
$$\xi = f\left(\overline{B}\right)$$

$\overline{B} = \dot{C}B$ (11.109); ξ по рисунку 11.5, f_1 по формуле (11.100), m_o по формуле (11.64), $f_{1,o}$ по формуле (11.101), $H_р$ и q по таблице 11.1, Φ_i по таблице 11.2

Схема *е*

B по формуле (11.45), T по формуле (11.107) при $m_o = m'_o$ по формуле (11.74), h_t по формуле (11.67), H_o по формуле (11.68), η по формуле (11.71), τ по формуле (11.72), $\bar{t}$ по рисунку 11.5, η_m по формуле (11.73), $L_{нд}$ по формуле (11.105), T_3 по формуле (11.102), T_1 по формуле (11.106), T по формуле (11.107), C по формуле (11.108), ξ по рисунку 11.5, f_1 по формуле (11.100), $f_{1,o}$ по формуле (11.104), $H_р$ и q по таблице 11.1, Φ_i по таблице 11.2

Расчетная схема	Расчетные зависимости



При $\frac{k_2 m_1}{k_1 m_2} \geqslant 0{,}01$

$$H = \frac{q}{k_1} m_0 + \frac{Q}{k_1} (\bar{\Phi}_д - U_д) \quad (11.110);$$

$$m = m_1 + m_2 + m_3 \quad (11.111);$$

$$m_0 = 0{,}5H \quad (11.112);$$

$$\bar{a} = b - H \quad (11.113);$$

$$Q = \frac{k_1 \left[\Delta H + \frac{q}{k_1} (m_1 - 0{,}5D) + \frac{q}{k_2} m_2 \right]}{\bar{\Phi}_д} \quad (11.114);$$

$$\bar{m}_* = m_1 + m_0 \quad (11.115);$$

$$\bar{\Phi}_д = \frac{\alpha_1}{\pi} \frac{k_1}{k_2} \left[\ln \frac{8m}{\pi D} + 2m_0 \ln \frac{4m_0}{\pi D} + \left(1 + \frac{2m_0}{m}\right) \Phi_i \right] + \frac{k_2 - k_1}{k_1} \frac{1}{\pi} \left[\ln \frac{4\bar{m}_*}{\pi D} + 2m_0 \ln \frac{4m_0}{\pi D} + \left(1 + \frac{2m_0}{\bar{m}_*}\right) \Phi_i \right] \quad (11.116);$$

$$U_д = \eta \frac{k_1}{k_2} u + \frac{k_2 - k_1}{k_2} u_1 \quad (11.117);$$

$$u = \frac{4}{\pi} \exp\left(-\frac{\pi B}{4m}\right) \cos \frac{\pi m_0}{2m} \quad (11.118);$$

$$u_1 = \frac{4}{\pi} \exp\left(-\frac{\pi B}{4\bar{m}_*}\right) \cos \frac{\pi m_0}{2\bar{m}_*} \quad (11.119);$$

$\alpha_1 = f(\bar{r}, \bar{m}, \lambda)$ по рисунку 11.4,

$\eta = f\left(\frac{B}{\bar{m}_*}, k\frac{B}{m}\right)$ по рисунку 11.6,

q по таблице 11.1, Φ_i по таблице 11.2

Продолжение

Расчетная схема	Расчетные зависимости
Та же схема при $\frac{k_2 m_1}{k_1 m_2} < 0{,}01$	Решается подбором, задаваясь начальным значением B H по формуле (11.110), Q по формуле (11.114), m по формуле (11.111), $\bar{m}_*$ по формуле (11.115), $\bar{m}_*$ по формуле (11.112), $\bar{a}$ по формуле (11.113), $$\bar{\Phi}_д = \frac{1}{\pi}\left[\ln\frac{2\bar{m}_*}{\pi D} + 2m_0 \ln\frac{4m_0}{\pi D} + \left(1 + \frac{2m_0}{\bar{m}_*}\right)\Phi_i\right] + 0{,}5C_0 \operatorname{cth} B_0 \quad (11.120);$$ $$U_д = \frac{0{,}5C_0}{\operatorname{sh} B_0} \quad (11.121);$$ $$B_0 = 0{,}5C_1 \quad (11.122);$$ $$C_1 = \sqrt{\frac{k_2}{k_1 \bar{m}_* m_2}} \quad (11.123);$$ $$C_0 = \sqrt{\frac{k_1 m_2}{k_1 \bar{m}_*}} \quad (11.124);$$ q по таблице 11.1, Φ_i по таблице 11.2

МЕТОДИКА ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ ДРЕНАЖА

Фильтрационные расчеты горизонтального трубчатого дренажа сводятся к установлению междренных расстояний и модулей стока при известных геологитологическом строении толщи и ее гидрогеологических параметрах, заданной динамике УГВ (норме осушения), принятых конструкциях дрен (параметрах труб и фильтров) и глубина их заложения. Последовательность расчетов:

1. Составляют расчетную фильтрационную схему.
2. Принимают расчетные периоды, устанавливают расчетные сроки и вычисляются исходные параметры ($H_р$, μ, q) по формулам, приведенным в таблице 11.1.
3. Вычисляют по известным параметрам дренажных труб и фильтров фильтрационные сопротивления дрен Φ_i по характеру вскрытия пласта по формулам, приведенным в таблице 11.2.
4. Рассчитывают расстояния между дренажными линиями по формулам, приведенным в таблице 11.3 (двухслойная толща — наиболее часто встречающийся случай), таблице 11.4 (однородный грунт), таблице 11.5 (трехслойная толща) и таблице 11.6 (напорное питание). В таблице 11.3 даны зависимости для расчетов при установившейся фильтрации по заданному понижению УГВ (норме осушения) и при неустановившейся фильтрации по заданному понижению и допустимому подъему УГВ. В целях сокращения объема в таблицах 11.4 и 11.5 не приведены формулы для расчетов по допустимому подъему УГВ. В этом случае можно воспользоваться формулами таблицы 11.3, подставляя в них соответствующие значения суммарных фильтрационных сопротивлений $L_{вд}$ из таблиц 11.4 и 11.5. Все необходимые для расчетов параметры и схемы приведены в таблицах 11.1 ... 11.6.

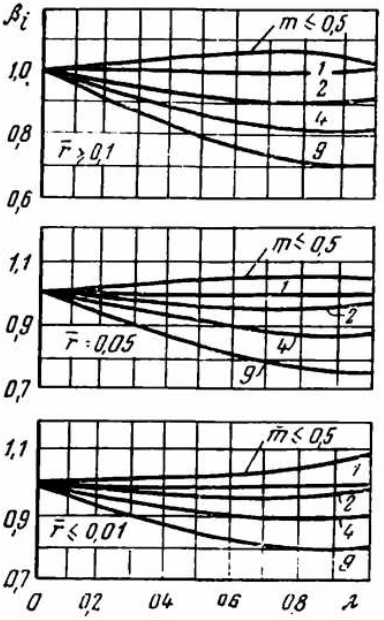


Рис. 11.1. Зависимость $\beta_l = f(\lambda, \bar{r}, \bar{m})$.

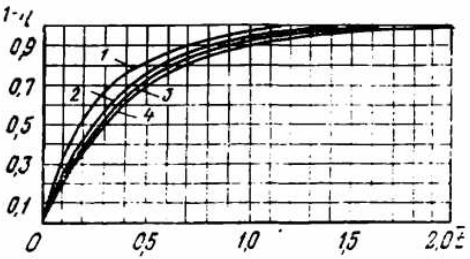


Рис. 11.2. Зависимость $\bar{t} = f(\eta, \eta_m)$:
1, 2, 3, 4 — соответственно при $\eta_m = 0,5$; 1; 2; 3 (по С. Ф. Аверьянову).

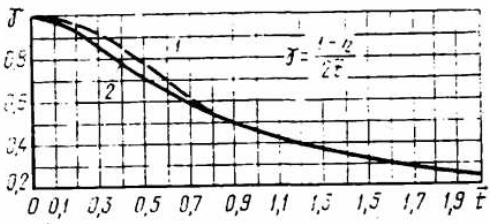


Рис. 11.3. Зависимость $\gamma = f(t, \eta)$.

Поправочные коэффициенты β_l, входящие в формулы таблицы 12.3 ... ... 12.5, определяются по графикам $\beta_l = f(\bar{r}, \bar{m}, \lambda)$, составленным А. Я. Олейником (рис. 11.1), или по формуле М. Н. Рыжука:

$$\beta_l = 1 - (0,21\sqrt{\lambda} \pm \lambda\bar{r}) \lg \bar{m}. \qquad (11.60)$$

Числовые значения параметров $\bar{r}$, $\bar{m}$, λ находят по формулам таблицы 11.7, в которой $r_д$ — наружный радиус дренажных труб, m_i — мощности слоев, k_i — коэффициент фильтрации; m_i и k_i принимают по таблицам 11.3 ... 11.6. При $\lambda \leqslant 0$ значение $\beta_l = 1$. В формуле 11.60 знак плюс берется при $\bar{m} > 1$ и минус — при $\bar{m} < 1$.

Поправочный коэффициент α_1 определяют по графикам А. Я. Олейника $\alpha_1 = f(\bar{r}, \bar{m}, \lambda)$, приведенным на рисунке 11.3. При этом параметры $\bar{r}$, $\bar{m}$, λ находят по формулам таблицы 11.7. При $\lambda \leqslant 0$ принимают $\alpha_1 = 1$.

Коэффициент $\xi = f(B)$ определяют по графику (рис. 11.5), принимая $B = 0,5\ cB$. Расчет ведут по методу последовательных приближений, задаваясь начальной величиной B. При $B > 3$ $\xi = 1$. Относительное время стабилизации $\bar{t}$ (табл. 11.3 ... 11.5) при расчетах по допустимому подъему определяются по графику $\gamma = f(\bar{t}, \eta)$ (рис. 11.3), при расчетах по заданному понижению — по графику $\bar{t} = f(\eta, \eta_m)$ (рис. 11.2).

Поправочный коэффициент $\eta = f(B/\bar{m}_*, k, B_*)$, входящий в формулы таблицы 11.6, определяют по графику А. Я. Олейника (рис. 11.6). При этом

$$\bar{k} = \lg(k_1/k_2);\ B_* = B/m;\ \bar{m}_* = m_1 + m_0;\ m = m_1 + m_2 + m_0.$$

Расчет ведут по методу последовательных приближений.

5. Определяют модули дренажного стока по формуле

$$q_0 = \frac{928 H_p T}{B(B + 8L_{нд})}. \qquad (11.61)$$

Водопроводимость $T=\Sigma m_i k_i$ определяют по принятой расчетной схеме и известным параметрам m_i и k_i.

При осушении торфяников расчеты следует вести на начальный период освоения (k_0, b_0) и на период эксплуатации ($k_в$, b), учитывая, что в процессе его осушения уменьшаются водопроницаемость торфа (точнее, увеличивается в пахотном слое и уменьшается в нижних) и глубина дрен под влиянием осадки торфа.

Формулы для определения расстояний между дренами можно использовать и при расчетах открытой сети, подставляя

$$D = 0{,}53P \qquad (11.62)$$

и принимая $\Phi_i=0$. Параметры $H_р$, $H_о$, h_i, $m_в$ и $m_о$ отсчитывают от уровня воды в канале.

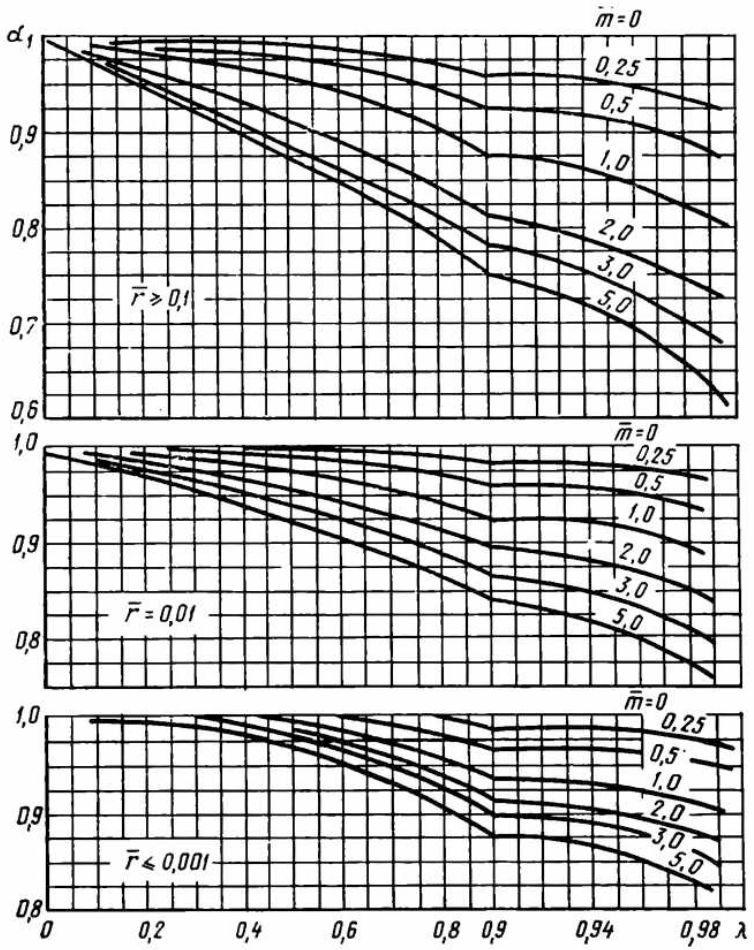


Рис. 11.4. Зависимость $\alpha = f(\lambda, \bar{r}, \bar{m})$.

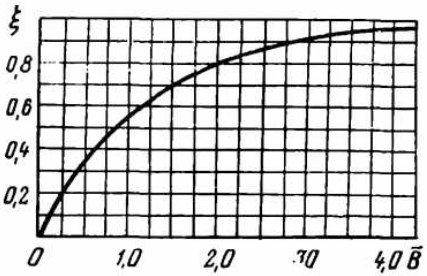


Рис. 11.5. Зависимость $\xi = f(\bar{B})$.

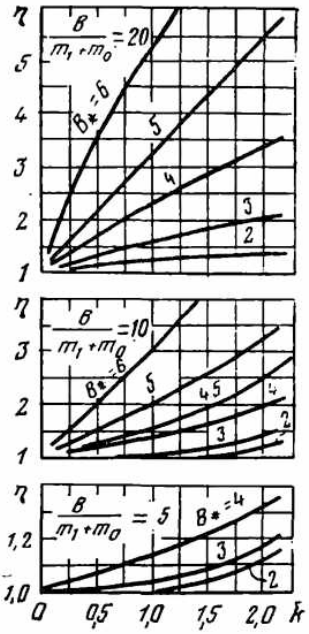


Рис. 11.6. Зависимость $\eta = f(B/m_*, k, B_*)$.

11.5. РАСЧЕТ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ ПРИ ПОДПОЧВЕННОМ УВЛАЖНЕНИИ

В осушительно-увлажнительных мелиоративных системах горизонтальный дренаж предназначен не только для осушения, но и для подпочвенного увлажнения сельскохозяйственных угодий. Поэтому фильтрационные расчеты дренажа выполняют для двух вариантов работы: при осушении (по заданной интенсивности понижения УГВ и норме осушения) и при подпочвенном увлажнении, которое может осуществляться двумя способами. Первый — с подъемом УГВ в междренье, когда он переводится с пониженного горизонта h_1 до требуемой в данный расчетный период нормы a_2. Второй — без подъема УГВ в середине междренья, когда требуется поддерживать уровень воды в почве на заданной отметке $a_{1,2}$.

Расчетным периодом служит летний засушливый, длительность которого при первом способе подпочвенного увлажнения составляет 3 ... 7 сут, при

11.7. Формулы для определения коэффициентов β_i, α_1

Исходные параметры	Коэффициенты					
	$\beta_в$	$\beta_н$	β_1	β_2	β_*	α_1
$\bar{r}$	$\frac{r_д}{m_в + m_0}$	$\frac{r_д}{m_*}$	$\frac{r_д}{m_1 + m_0}$	$\frac{r_д}{m_1 + m_0}$	$\frac{r_д}{m_1 + m_0}$	$\frac{r_д}{m_1 + m_0}$
λ	$\frac{k_н - k_в}{k_н + k_в}$	$\frac{k_в - k_н}{k_в + k_н}$	$\frac{k_2 - k_2}{k_2 + k_2}$	$\frac{k_2 - k_1}{k_2 + k_1}$	$\frac{k_2 - k_1}{k_2 + k_1}$	$\frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$
$\bar{m}$	$\frac{m_н}{m_в + m_0}$	$\frac{m - m_*}{m_*}$	$\frac{m_2}{m_* + m_0}$	$\frac{m^*}{m_1 + m_0}$	$\frac{m_2}{m_1 + m_0}$	$\frac{m_2}{m_1 + m_0}$

11.8. Расстояния между дренами в двухслойных грунтах при подпочвенном увлажнении (установившаяся фильтрация)

Расчетная схема	Расчетные зависимости

Колебания УГВ в верхнем слое



Схема *а*

B по формуле (11.44),

$$H_р = H_0 - 0{,}4h_1 - 0{,}6h_2 \quad (11.126);$$

$$m_0 = H_0 - 0{,}5H_р \quad (11.127);$$

$$q = \frac{H_0 + 5(h_2 - h_1)}{6t}\mu + e - p \quad (11.128);$$

$$\mu_м = 0{,}056\sqrt{k_в}\sqrt[3]{\frac{H_0 + 5h_2 - 5h_1}{6}} \quad (11.129);$$

$$\mu_т = 0{,}116k_в^{3/8}\left(\frac{H_0 + 5h_2 - 5h_1}{6}\right)^{3/4} \quad (11.130);$$

T по формуле (11.63); $L_{нд}$ по формуле (11.65); $\beta_в$ по формуле (11.60), при $\bar{r}$, λ, $\bar{m}$ из таблицы 11.7, Φ_l по таблице 11.2

Схема *б*

B по формуле (11.44),

$$H_р = H_0 - h_1 \quad (11.131);$$

$$m_0' = (H_0 - h_1)/2 \quad (11.132);$$

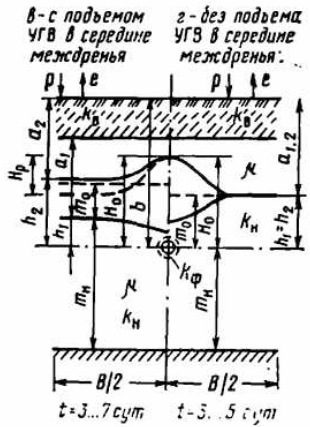
$$\mu_м = 0{,}056\sqrt{k_в}\sqrt[3]{H_0/6} \quad (11.133);$$

$$\mu_т = 0{,}116k_в^{3/8}(H_0/6)^{3/4} \quad (11.134);$$

$$q = \frac{H_0}{6t}\mu + e - p \quad (11.135);$$

T по формуле (11.66), Φ_l по таблице 11.2, $L_{нд}$ по формуле (11.65), при замене m_0 на m_0', $\beta_в$ по формуле (11.60) при $\bar{r}$, λ, $\bar{m}$ из таблицы 11.7 и замене m_0 на m_0'

Продолжение

Расчетная схема	Расчетные зависимости
	**Схема в** B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.126), m_0 по формуле (11.127), q по формуле (11.128), μ по формуле (11.129) или (11.130) с заменой $k_в$ на $k_н$, T по формуле (11.79), Φ_1 по таблице 11.2, $L_{нд}$ по формуле (11.80) **Схема г** B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.131), m_0' по формуле (11.132), μ по формуле (11.133) или (11.134) с заменой $k_в$ на $k_н$, q по формуле (11.135), T по формуле (11.81), Φ_1 по таблице 11.2, $L_{нд}$ по формуле (11.80) с заменой m_0 на m_0'

Примечание. При расчетах дренажа в однослойном грунте в формулах следует принимать: $k_н=k_в$; $m_н=0$; $m=m_в$; $\beta_з=1$.

11.9. Расстояния между дренами в двухслойных грунтах при подпочвенном увлажнении с подъемом УГВ в междренье (неустановившаяся фильтрация)

Расчетная схема	Расчетные зависимости

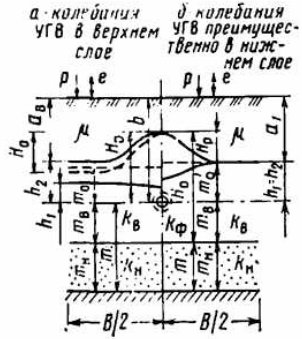


Схема *а*

B по формуле (11.45), m_o'' по формуле (11.132),

$$T = k_в (m_в + m_o'') + k_н m_н \qquad (11.136);$$

$$\Delta = h_2 - h_1 \qquad (11.137);$$

$$\mu_м = 0{,}056 \sqrt{k_в} \sqrt[3]{\Delta} \qquad (11.138);$$

$$\mu_т = 0{,}116 k_в^{3/8} \Delta^{3/4} \qquad (11.139);$$

τ по формуле (11.72), $\bar{t} = f(\gamma)$ по рисунку 11.4,

$$\gamma = \frac{\mu \Delta}{qt} \qquad (11.140);$$

$$q = e - p \qquad (11.141);$$

Φ_i по таблице 11.2, $L_{нд}$ по формуле (11.65), при $m_o = m_o'$; $\beta_в$ по формуле (11.60) при λ, $\bar{r}$, $\bar{m}$ из таблицы 11.7

Схема *б*

B по формуле (11.45), m_o'' по формуле (11.132), T по формуле (11.79), при $m_o = m_o''$, Δ по формуле (11.137), μ по формуле (11.138) или (11.139) с заменой $k_в$ на $k_н$, τ по формуле (11.72), $\bar{t}$ по рисунку 11.4, γ по формуле (11.140), q по формуле (11.141), φ_k по таблице 11.2, $L_{вд}$ по формуле (11.80)

Примечание. В случае однородного грунта можно применять формулы (11.45), (11.60), (11.136)...(11.141), заменив в них $k_н = k_o$; $m_н = 0$ $m = m_в$; $\beta_в = 1$.

втором — 3 ... 5 сут. Расчетное испарение e принимают в пределах 2 ... ... 6 мм/сут, осадки — 0 ... 2 мм/сут. Коэффициент недостатка насыщения берут равным коэффициенту водоотдачи грунта. Пьезометрический напор в дренаже при подпочвенном увлажнении принимают равным 0,4 ... 0,8 м.

Фильтрационные расчеты дрены в режиме подпочвенного увлажнения рекомендуется вычислять по формулам, приведенным в таблицах 11.8 ... 11.9. Получены они из допущения, что фильтрационные сопротивления $L_{вд}$ и Φ_i в режиме осушения и подпочвенного увлажнения одинаковые.

Последовательность фильтрационных расчетов дренажа, работающего в режиме подпочвенного увлажнения, следующая: составляют расчетную фильтрационную схему; назначают расчетные периоды и определяют исходные параметры (t, e, ρ, μ и др.); вычисляют фильтрационные сопротивления Φ_i по формулам таблицы 11.2 и коэффициенты β_i по формулам (11.60) и таблицы 11.7; вычисляют расстояние между дренами по формулам, приведенным в таблицах 11.8 по методу установившейся фильтрации и 11.9 при расчетах по методу неустановившейся фильтрации.

Количество воды, подаваемое в систему (междренное пространство) в период шлюзования (коэффициент емкости) без учета потерь, определяют по зависимости

$$\overline{\lambda}_0 = \overline{q}tB. \qquad (11.125)$$

В мелиоративных системах двухстороннего действия в качестве проектных расстояний между элементами регулирующей сети принимают меньшее из значений B, вычисленное при работе в режиме осушения и увлажнения.

11.6. РАСЧЕТ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ ПРИ НАЛИЧИИ СЛАБОФИЛЬТРУЮЩИХ ПРОСЛОЕК В ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТАХ И ПРИ ГЛУБОКОЙ ЗАПАШКЕ МАЛОМОЩНЫХ ТОРФЯНИКОВ

Верхний слой (выше глубины регулирующей сети) осушаемых торфяных и минеральных почв в большинстве случаев представляет совокупность двух-трех и более прослоек небольшой мощности с существенно разной водопроницаемостью. Нередко торфяники подстилаются оглеенными горизонтами, а на границе с минеральным грунтом залегают тонкие слои сапропелевых илов, пресноводных мергелей и т. п. Пахотные слои имеют намного большую, чем подпахотные, водопроницаемость, а сапропелевые прослойки обладают крайне низкими коэффициентами фильтрации. На осушаемых низинных торфяниках слабоводопроницаемая прослойка на границе с минеральным грунтом встречается более чем в 60% разрезов, толщина ее колеблется в пределах 5 ... 15 см, водопроницаемость составляет 0,001 ... 0,1 м/сут. Аналогичное положение часто имеет место и на осушаемых минеральных почвах, в особенности связных. Здесь вследствие обработки при переувлажненном состоянии тяжелыми орудиями ниже пахотного горизонта образуется слабоводопроницаемая прослойка (плужная подошва) небольшой мощности.

Наличие на относительно небольшой глубине слабоводопроницаемых прослоек обусловливает сложность осушения таких площадей. Создаваемого естественным путем напора недостаточно, чтобы своевременно снизился уровень грунтовых вод, и очень часто даже чрезвычайно густая дренажная сеть не в состоянии обеспечить требуемую интенсивность отвода избыточных вод с осушаемых полей. В таких случаях радикального решения можно добиться проведением глубокого рыхления (на связных почвах) и созданием наклонно-слоистой песчано-торфяной структуры на мелкозалежных торфяниках путем глубокой запашки их специальными плугами. Глубокая

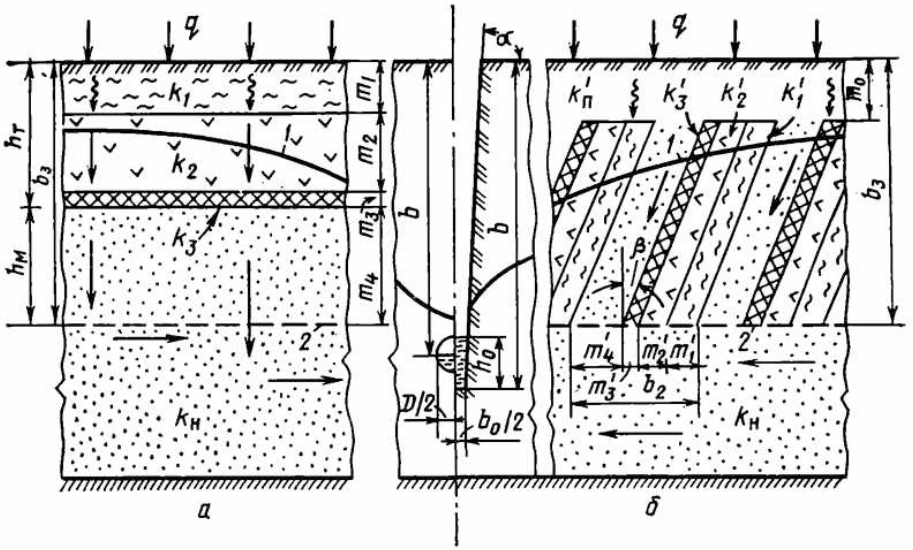


Рис. 11.7. Расчетная схема для маломощного торфяника:
а — до запашки; *б* — после глубокой запашки; *1* — кривая депрессии; *2* — глубина вспашки.

мелиоративная вспашка с созданием наклонно-слоистой структуры может осуществляться и на минеральных почвах.

При глубокой запашке мелкозалежных торфяников и создании торфяно-песчаной структуры горизонтальные слои почвы поворачиваются на 130 ... 140° и устанавливаются под углом к вертикали $\beta \approx 45°$. На поверхности создается песчаный слой толщиной $\bar{m}_0 = 0{,}2 \ldots 0{,}3$ м (рис. 11.7), содержащий 6 ... 13% торфа по массе.

Для трансформации пригодны мелкозалежные низинные, верховые и переходные, а также выработанные торфяники, подстилаемые песками и супесями с содержанием глинистых частиц не более 10 ... 15% и водопроницаемостью $k \geqslant 0{,}8$ м/сут. Соотношение между толщиной вспахиваемого слоя минерального грунта и слоя торфа $h_м/h_т$ должно составлять: 0,3 ... 0,5 при водопроницаемости подстилающих торф песков $k \geqslant 5$ м/сут; 0,5 ... 1,0 для связных песков при $k = 5 \ldots 2$ м/сут; 1 ... 2 для супесей с водопроницаемостью $k = 2 \ldots 0{,}8$ м/сут. Существующие в СССР плуги позволяют проводить вспашку на 0,8 ... 1,5 м. Глубину вспашки назначают в зависимости от мощности торфа и водопроницаемости подстилаемого минерального грунта $k_м$, пользуясь графиками, изображенными на рисунке 11.8.

Мощности наклонных слоев зависят от глубины b_3 и ширины b_2 вспашки и составляют

$$m_i' = \frac{b_2}{b_3 - \bar{m}_0} m_i, \quad i = 1, 2, \ldots, n-1; \tag{11.142}$$

$$m_n' = \frac{b_2 (m_n - \bar{m}_0)}{b_3 - \bar{m}_0}. \tag{11.143}$$

Осредненный коэффициент фильтрации вспаханного наклонного слоя определяют по зависимости

$$k_в' = \frac{\Sigma k_i' m_i'}{b_2}, \quad i = 1, 2, \ldots, \tag{11.144}$$

где k_i' — коэффициенты фильтрации вспаханных наклонных слоев песка и

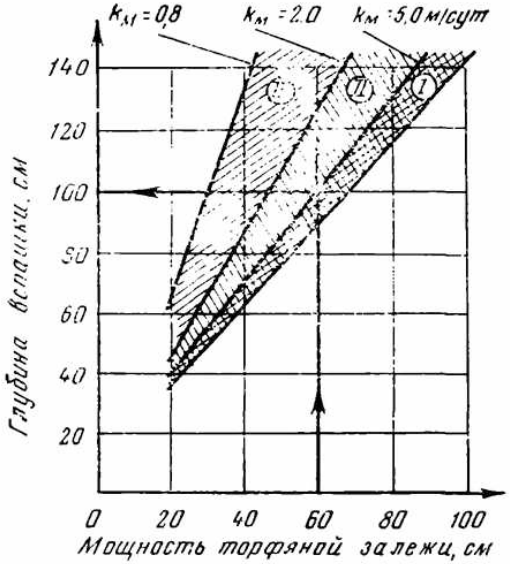


Рис. 11.8. Зависимость между мощностью торфа и глубиной вспашки:

I—III — зоны оптимальных соотношений минерального грунта и торфа соответственно для рыхлых, связных песков и супесей.

торфа. В практических расчетах допускается принимать их равными исходным величинам до вспашки ($k_t' = k_t$). Глубина осушительной сети b должна быть больше глубины вспашки b_3.

Для закрытых дрен (рис. 11.7)

$$b \geqslant b_3 + D, \qquad (11.145)$$

для каналов

$$b \geqslant b_3 + h_0 + 0{,}2. \qquad (11.146)$$

Оптимальное соотношение между глубиной и шириной вспашки $b_3 : b_2 = 1 : {}^2/_3$.

Методы фильтрационных расчетов мелиоративной сети (закрытой и открытой) при наличии в верхних горизонтах слабофильтрующих (запирающих) прослоек грунта и при глубокой мелиоративной запашке мелкозалежных торфяников разработаны А. И. Мурашко и Г. М. Пшеходским с использованием собственных решений и известных решений Эрнста для условий установившейся фильтрации. Фильтрационные схемы и необходимые расчетные зависимости представлены в таблицах: 11.10 — однородный грунт (необходима для общих представлений о методе и при проведении сравнительных расчетов); 11.11 — для расчетов регулирующей сети при наличии слабофильтрующих прослоек, 11.12 — для расчетов сети в случае двухслойного грунта и 11.13 — для определения расстояний между элементами регулирующей сети при глубокой запашке мелкозалежных торфяников. Все необходимые фильтрационные схемы даны в таблицах. Некоторые параметры, входящие в таблицы 11.10 ... 11.13, находятся по формулам, приведенным в таблицах 11.1 (для H_p и q) и 11.2 (Φ_i). Значения коэффициента $\bar{\alpha}$, входящего в формулы таблицы 11.12, даны на рисунке 11.9 (по Эристу).

11.7. РАСЧЕТ ОТКРЫТОЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ ПРИ УСКОРЕНИИ ОТВОДА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

Для расчета расстояний между открытыми собирателями имеются формулы А. Н. Костякова, А. Д. Брудастова, А. Д. Дубаха и др. В практике расчетов широко используют формулу С. Ф. Аверьянова:

$$B = 3{,}6\,\frac{\sqrt{I}}{n}\,\frac{(1-\sigma)}{\sigma}\,\frac{h}{T_з}\,T_0^2, \qquad (11.174)$$

где T_0 — нормативное время отвода поверхностных вод, ч; n — шероховатость поверхности (по данным Д. П. Юневича, для борозд вдоль уклона при хорошо вспаханной поверхности $n=0{,}05$, равной укатанной поверхности $n=0{,}08$, хорошо вспаханной поверхности без борозд $n=0{,}12$, свежескошенной травы $n=0{,}8$, естественного луга, высокого травостоя $n=2{,}3$); σ — условный коэффициент стока (по данным А. Н. Костякова, для супесей и легких суглинков $\sigma=0{,}12 \ldots 0{,}25$, суглинков $\sigma=0{,}25 \ldots 0{,}30$, тяжелых суглинков $\sigma=0{,}25 \ldots 0{,}40$, меньшие значения σ относятся к лету, большие — к осени: при

11.10. Расстояния между регулирующими элементами в однородном грунте

Расчетная схема	Расчетные зависимости

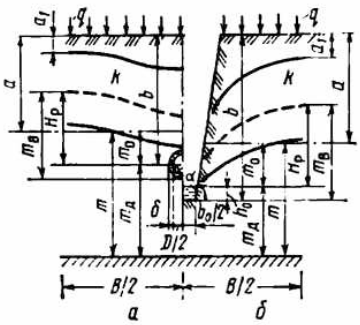


Схема *а*

B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.1) из таблицы 11.1, *q* по формуле (11.3),

$$\overline{H}_р = H_р - (H_р + 0{,}5D)\frac{q}{k} \quad (11.147);$$

$$m = m_д + m_о \quad (11.148);$$

$m_о$ по формуле (11.64),

$$T = km \quad (11.149);$$

$$L_{нд} = \frac{m}{\pi}\left[\ln\frac{2m_д}{\pi D} + \left(1 + \frac{2m_о}{m}\right)\Phi_i\right] \quad (11.150);$$

Φ_i по таблице 11.2 в зависимости от параметров труб и фильтров

Схема *б*

B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.1) из таблицы 11.1, *q* по формуле (11.3),

$$\overline{H}_р = H_р - (H_р + h_о)\frac{q}{k} \quad (11.151);$$

m по формуле (11.148), *T* по формуле (11.149),

$$L_{нд} = \frac{m}{\pi}\ln\frac{m_д}{p} \quad (11.151а);$$

$$p = b_о + 2h_о/\sin\alpha \quad (11.152)$$

Примечание. Формулы (11.149)...(11.152) справедливы при неглубоком залегании водоупора ($m_д < B/4$). При $m_д > B/4$ принимается эффективная мощность $m_д = B/4$. Решение находим методом последовательных приближений. Аналогично и в таблицах 11.11...11.13.

11.11. Расстояния между регулирующими элементами при наличии плохофильтрующих прослоек в верхнем горизонте

Расчетная схема	Расчетные зависимости

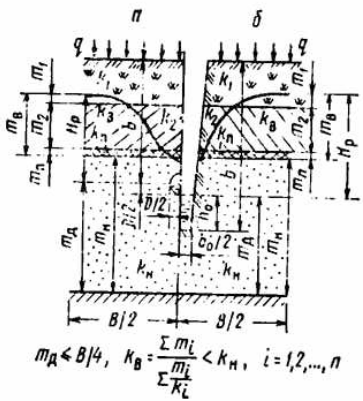


Схема *а*

B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.1) q по формуле (11.3),

$$T = k_н m_н \qquad (11.153);$$

$$k_в = \frac{\Sigma m_i}{\Sigma \frac{m_i}{k_i}}, \quad i = 1,2,\ldots,n \qquad (11.154);$$

$$m_в = m_1' + m_2 + \ldots + m_n \qquad (11.155);$$

$$\overline{H}_р = H_р - m_в \frac{q}{k_в} \qquad (11.156);$$

$$L_{нд} = \frac{m_н}{\pi}\left[\ln \frac{2m_д}{\pi D} + \left(1 + \frac{m_п}{m_н}\right)\Phi_i\right] \qquad (11.157);$$

Φ_i по таблице 11.2

Схема *б*

B по формуле (11.44),

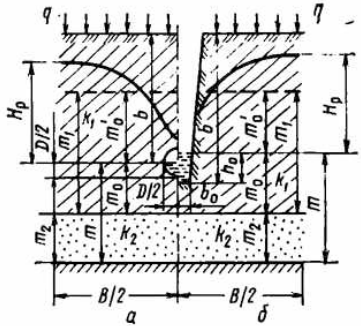
$$H_р = b - h_0 - a_1 - 0{,}6\,(a - a_1) \qquad (11.158);$$

q по формуле (11.3), T по формуле (11.153), $k_в$ по формуле (11.154), $m_в$ по формуле (11.155),

$$L_{пд} = \frac{m_н}{\pi} \ln \frac{m_д}{p} \qquad (11.158);$$

p по формуле (11.152)

11.12. Расстояния между регулирующими элементами в двухслойных грунтах (УГВ и дрена в верхнем слое)

Расчетная схема	Расчетные зависимости
 $k_2 > 20k$; $m_0 + m_2 \leqslant B/4$	**Схема *а***
	B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.1), q по формуле (11.3), m_0' по формуле (11.64),
	$m_1 = m_0 + m_0'$ (11.159);
	$T = k_1 m_0 + k_2 m_2$ (11.160);
	$\overline{H}_р = H_р - (0{,}5D + H_р)\frac{q}{k_1}$ (11.161);
	$L_{нд} = \frac{T}{\pi k_1}\left[\ln\frac{8m}{\pi D} + \left(1 + \frac{2m_0'}{m}\right)\Phi_i\right]$ (11.162);
	Φ_i по таблице 11.2
Та же схема при $0{,}1 < k_2/k_1 < 20$	B по формуле (11.44) при
	$L_{пд} = \frac{T}{\pi k_1}\left[\ln\frac{2\bar{\alpha}m}{\pi D} + \left(1 + \frac{2m_0'}{m}\right)\Phi_i\right]$ (11.165);
	$\bar{\alpha} = f(k_2/k_1,\ m_2/m_1)$ по рисунку 11.9
	Схема *б*
	B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.1), q по формуле (11.3), m_0' по формуле (11.64); m_1 по формуле (11.159), T по формуле (11.160),
	$\overline{H}_р = H_р - (h_0 + H_р)\frac{q}{k_1}$ (11.163);
	$L_{нд} = \frac{T}{\pi k_1}\ln\frac{4m}{p}$ (11.164);
	p по формуле (11.152).
	B по формуле (11.44), $\overline{H}_р$ по формуле (11.163),
	$L_{нд} = \frac{T}{\pi k_1}\ln\frac{\bar{\alpha}m}{p}$ (11.166);
	$\bar{\alpha}$ по рисунку 11.9

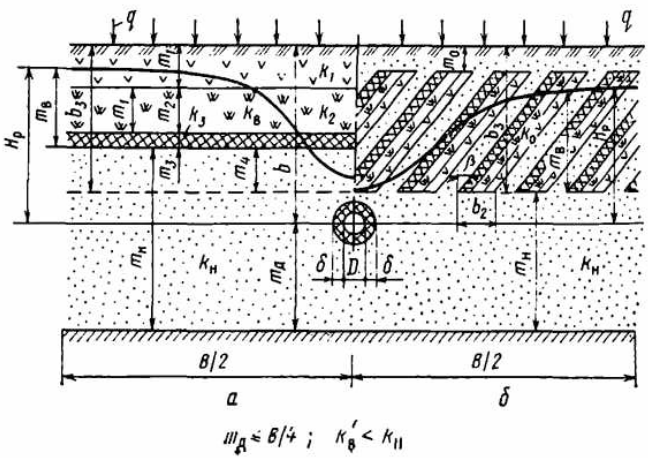
Примечание. При $k_2 < 0{,}1k_1$ и $\bar{\alpha} = 1$ рассматривается только верхний слой, применимы формулы таблицы 11.11 как для однородного грунта.

11.13. Расстояния между элементами регулирующей сети при глубокой запашке торфяников

Расчетная схема	Расчетные зависимости

а — до запашки

б — после глубокой запашки



$m_д \approx B/4$; $K_в' < K_н$

Схема *а*

B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.1), q по формуле (11.3) из таблицы (11.1), T по формуле (11.153),

$$m_в = m'_1 + m_2 = m_3 \quad (11.167);$$

$k_в$ по формуле (11.154), $\overline{H}_р$ по формуле (11.156), $L_{нд}$ по формуле (11.157), Φ_i по таблице 11.1

Схема *б*

B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.1). q по формуле (11.3) из таблицы 11.1, $k'_в$ по формуле (11.144), m'_i по формуле (11.142), $m'_п$ по формуле (11.143),

$$m_в = H_р - m_н + m_д \quad (11.168);$$

$$T = 0{,}5k_в' m_в + k_н m_н \quad (11.169);$$

$$\overline{H}_р = H_р - \left(\frac{q}{\cos\beta}\,\frac{m_в}{k_в'}\right) \quad (11.170);$$

$$L_{нд} = \frac{T}{\pi k_н}\left[\ln\frac{2m_д}{\pi D} + \left(1 + \frac{m_в}{m_н}\right)\Phi_i\right] \quad (11.171);$$

Φ_i по таблице 11.1

Расчетная схема	Расчетные зависимости

в — до запашки *г* — после глубокой запашки

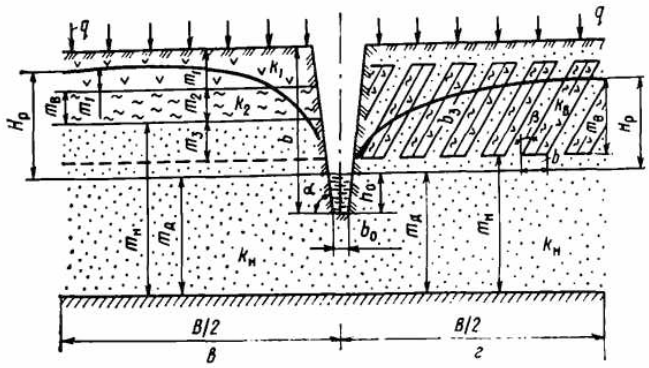


Схема *в*

B по формуле (11.44), $H_р$ по формуле (11.1), q по формуле (11.3) из таблицы 11.1,

$$m_в = m_1' + m_2 \quad (11.172);$$

T по формуле (11.153); $k_п$ по формуле (11.154), $\overline{H}_р$ по формуле (11.156), $L_{нд}$ по формуле (11.158), p по формуле (11.152)

Схема *г*

B по формуле (11.44), $k'_в$ по формуле (11.144), $H_р$ по формуле (11.1), q по формуле (11.3), m'_i по формуле (11.142) при $i=1, 2 \ldots n-1$, m'_n по формуле (11.143), $m_в$ по формуле (11.168), T по формуле (11.169), $\overline{H}_р$ по формуле (11.170),

$$L_{нд} = \frac{T}{\pi k_н} \ln \frac{m_д}{p} \quad (11.173);$$

p по формуле (11.152)

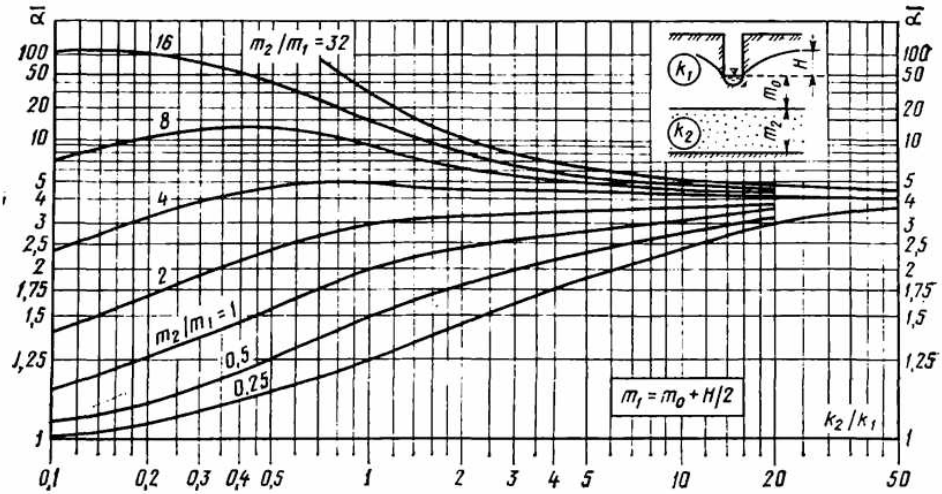


Рис.11.9. Номограмма для определения коэффициента радиального стока $\alpha=f(m_2/m_1,\ k_2/k_1)$ (по Эрнсту).

весеннем стоке по мерзлой почве $\sigma=0{,}7\ldots0{,}95$ (см. формулу 11.7 в таблице 11.1); I — уклон поверхности земли; n — слой (мм) воды после снеготаяния (или слой выпавших осадков за время T_2 (ч)).

11.8. РАСЧЕТ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ЗАКРЫТЫМИ СОБИРАТЕЛЯМИ

Принцип отвода поверхностных вод с помощью закрытых собирателей и их конструктивные схемы предложены А. Д. Брудастовым. Поверхностные воды через пахотный горизонт и траншейную хорошо фильтрующую засыпку поступают в дренажные трубы и отводятся за пределы осушаемой территории (рис. 11.10). Закрытые собиратели при полном насыщении пахотного и нижележащего горизонтов работают и как закрытые дрены. Глубина их обычно не превышает 1 м.

Время освобождения пахотного слоя от гравитационной воды определяется приближенно по зависимости Х. А. Писарькова, уточненной С. Ф. Аверьяновым и К. А. Мяги:

$$t=\frac{\mu B\ \mathrm{arc\,tg}\,x}{3\sqrt{k_1(e+q_2)}},\qquad(11.175)$$

$$x=\frac{2h_1\sqrt{k_1}}{B\sqrt{e+q_2}},\qquad(11.176)$$

$$q_2=\frac{4k_2h_2^2}{B^2},\qquad(11.177)$$

где k_1, k_2 — коэффициенты фильтрации соответственно пахотного и подпахотного горизонтов, м/сут; q_2 — интенсивность поступления воды в закрытые собиратели из подпахотного слоя, м/сут; h_1, h_2 — мощности пахотного и подпахотного слоев, м; μ — водоотдача пахотного слоя, $\mu=0{,}056\sqrt[3]{k_1}\sqrt{h_1}$.

Расстояния между закрытыми собирателями находят подбором по заданному (нормативному) времени освобождения пахотного слоя t. Обычно $t=1...2$ сут.

Из формул 11.174...11.177 следует, что расстояния между закрытыми собирателями не зависят от диаметров и конструкций дренажных труб. Это возможно только в том случае, когда приток к дренам меньше их водоприемной способности.

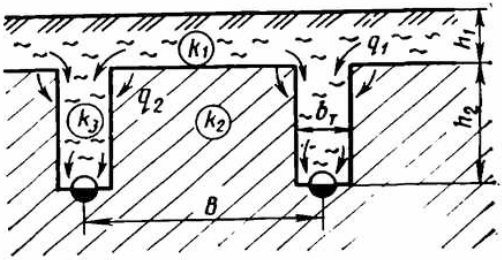


Рис. 11.10. Схема притока воды к закрытым собирателям.

Для удовлетворительной работы закрытых собирателей траншейная засыпка должна обладать высокой водопроницаемостью. Так, по данным СевНИИГиМ, должно выполняться следующее условие между водопроницаемостью грунта и траншейной засыпкой:

$$k_з b_т \geqslant 1,48 k_1 h_1. \qquad (11.178)$$

Расстояния между дренами в тяжелых грунтах из-за отсутствия удовлетворительных теоретических решений для их определения принимают по данным опытов, выполненных научно-исследовательскими организациями на экспериментальных дренажных системах.

Для условий Нечерноземной зоны РСФСР расстояния (м) между дренами при глубине их закладки 1,1 ... 1,2 м в зависимости от почвогрунтов составляют:

глина	8...12
тяжелый суглинок	10...15
средний »	14...20
легкий »	16...25
торф низинный	20...40
песок мелкозернистый	30...50

В тяжелых грунтах при указанных расстояниях необходимы мероприятия по ускорению отвода поверхностного стока.

Приближенно для тяжелых грунтов расстояние между дренами можно рассчитать по номограммам. Наиболее обоснованные номограммы имеются для условий республик Советской Прибалтики.

Для условий Латвийской ССР расстояние (м) между дренами предложено (Ц. Н. Шкинкинс) определять по формуле

$$B = B_н K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

где $B_н$ — нормативное расстояние между дренами (определяют по номограмме или таблице 11.14.); K_1 — коэффициент, зависящий от степени водности района;

$$K_1 = \sqrt{\frac{q_{ср}}{q}},$$

$q_{ср}$ — средний для республики (области) расчетный дренажный сток; q — дренажный сток, зависит от степени оглеения и содержания глинистых частиц в почве; K_2 — расчетный сток данного района; $K_2=0,7 ... 1,0$; K_3 — коэффициент, зависящий от гидрогеологических условий; $K_3=0,55 ... 1,0$; K_4 — коэффициент, зависящий от рельефа местности; $K_4=7,0 ... 1,4$; K_5 — коэффициент, зависящий от химического состава почв; $K_5=0,8 ... 1,1$; K_6 — определяется в зависимости от характера сельскохозяйственного использования земель; $K_6=0,6 ... 0,7$ (сады), $K_6=1,2$ (луга).

11.14. Нормативные расстояния (м) между дренами для условий Латвийской ССР

Содержание в грунте фракций частиц диаметром менее 0,01 мм, %	Глубина заложения дрен, м		
	1,0	1,2	1,4
20	15,0	18,6	21,5
40	13,3	15,6	17,8
50	12,6	14,4	16,6
60	11,9	13,5	15,4
80	11,0	12,1	13,5

Для отдельных районов Нечерноземной зоны РСФСР расстояние между дренами также приближенно можно вычислить по методике СевНИИГиМ (А. И. Климко и др.) или на основе технико-экономических расчетов (методика И. В. Минаева).

11.9. РАСЧЕТ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ С УЧЕТОМ ОСУШАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ПРОВОДЯЩИХ КАНАЛОВ

На торфяниках и легких минеральных почвах, подстилаемых мощными (более 10 м) песчаными отложениями, открытая проводящая сеть оказывает заметное осушающее действие на прилегающую территорию, что дает возможность увеличивать расстояния между элементами регулирующей сети. Известны приближенные решения Н. Н. Веригина, Ш. И. Бруциловского и Г. А. Писецкого и других авторов, позволяющие учитывать влияние проводящей мелиоративной сети на междренные расстояния. Строгих решений трехмерных геофильтрационных задач, приемлемых для практики, пока нет.

Ниже дано приближенное решение А. И. Ивицкого для случая взаимно перпендикулярного расположения регулирующей сети и проводящих каналов. Расстояния между закрытыми дренами и открытыми регулирующими каналами с учетом действия проводящих каналов в однородных и неоднородно-слоистых грунтах в режиме осушения и в режиме подпочвенного увлажнения при инфильтрационном и грунтовом (безнапорном) питании определяют по формуле:

$$\overline{B}=2\sqrt{\frac{2\,(h_c-h_0)\,tT}{\mu\,(H_p-u)+P_0-\dfrac{8\,(h_к-h_{0к})\,tT}{L\,(L+8\Phi_к)}}+4\Phi^2-4\Phi}, \quad (11.179)$$

где $\overline{B}$ — расстояние между закрытыми дренами или регулирующими открытыми каналами, м; L — расстояние между проводящими каналами, м; t — расчетное время, в течение которого требуется понизить при осушении или повысить при подпочвенном увлажнении УГВ на средине полосы между дренами от первоначального положения u до требуемого уровня, сут; h_c — средний на междренье напор с учетом действия проводящих каналов, м; вычисляемый по формулам (11.186 и 11.187); h, $h_к$ — средние за время t превышения УГВ между дренами и проводящими каналами над их дном, равные $0{,}5(h_1+h_2)$ и $0{,}5(h_{1к}+h_{2к})$; h_1 и $h_{1к}$ — аналогичные превышения в начале, а h_2, $h_{2к}$ в конце времени t, м; h_0,$h_{0к}$ — средние за расчетное время УГВ у дрены над ее дном и глубина воды в проводящем канале, м; H_p — расчетная глубина УГВ, считая от поверхности почвы (средняя на междренной полосе), м; $P_0=p-e$; Φ, $\Phi_к$ — фильтрационные сопротивления по степени и характеру вскрытия водоносного пласта соответственно дрены и канала, м.

Для однородных грунтов

$$T = \frac{k\,(h + h_0 + 2a)}{2}, \tag{11.180}$$

$$\Phi = m_l\,(f_l + f_0), \tag{11.181}$$

где a — глубина залегания водоупора ниже дна дрен, м;

$$m_l = a + r_д + \bar{m}_0; \qquad \bar{m}_0 = \frac{\pi\,(h - h_0) + 4h_0 - 2D}{4}; \tag{11.182}$$

f_l — модуль фильтрационного сопротивления водоносного грунта на несовершенство дрен по степени вскрытия водоносного пласта, определяемый по формуле А. Я. Олейника, дополненной А. И. Михальцевичем:

$$f_l = 0{,}366\ \lg \frac{m_l}{2\pi r_д \sin \dfrac{\pi\left[2\bar{m}_0 + r_д\left(1 - \dfrac{\bar{m}_0}{0{,}5m_l}\right)\right]}{2m_l}}; \tag{11.183}$$

f_0 — сопротивление на несовершенство дрен по характеру вскрытия водоносного пласта и влиянию фильтров

$$f_0 = \frac{1}{\pi}\,\Phi_l; \tag{11.184}$$

Φ_l определяется по формулам А. И. Мурашко (табл. 11.2).

Для неоднородно-слоистых грунтов Ф вычисляют по известным формулам А. Я. Олейника, а T — по формуле

$$T = k_1 m_1 + k_2 m_2 + k_3 m_3. \tag{11.185}$$

Средний на междренье напор h_c вычисляют по формулам:
при $R \geqslant L/2$

$$h_c = h - \frac{h_к - h_{0к}}{\ln \dfrac{L}{b_0}}; \tag{11.186}$$

при $R < L/2$

$$h_c = h,$$

где

$$R = 3{,}2\sqrt{\frac{kt\alpha_к a_к}{\mu}}; \tag{11.187}$$

$a_к$ — глубина залегания водоупора ниже для каналов, м; $\alpha_к$ — коэффициент висячести для каналов (по С. Ф. Аверьянову).

Расчетная глубина УГВ

$$H_р = H + \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)(h_2 - h_0''), \tag{11.188}$$

где H — расчетная норма осушения, м; h_0'' — УГВ у дрены над ее дном в конце времени t, м.

Если осушаемая почва подстилается слабоводопроницаемым грунтом (глина, оглеенные суглинки), то действие проводящих каналов можно не учитывать. При расчете расстояний между дренами в режиме подпочвенного увлажнения (при шлюзовании) в формуле (11.179) принимается вместо водоотдачи μ свободная от влаги порозность γ.

Глава 12. ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ

12.1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Вертикальный дренаж (ВД) как основа осушительно-оросительной системы технически и экономически эффективен только в том случае, если одна скважина может обеспечить требуемое понижение УГВ на площади более 20 га за период откачки менее 10 ... 15 сут и при понижении уровня воды в скважине на величину менее половины мощности пласта дебит ее обеспечивает орошение такой же площади. Это накладывает определенные ограничения на область применения ВД.

По геоморфологическим условиям и рельефу крупные системы ВД предпочтительны в широких поймах рек, на плоских низменностях надпойменных террас, на моренно-зандровых и зандровых равнинах с микропонижениями менее 2 м. По литологическому составу под ВД пригодны объекты, на которых торфяники, заторфованные пески и легкие минеральные почвы подстилаются мощной толщей ($\geqslant$15 м) песчаных отложений, а в геологическом разрезе отсутствуют глинистые линзы или толщина их занимает не более 10% площади разреза. Фильтрационные свойства песчаной толщи должны быть высокими. Для создания осушительно-оросительных систем ВД необходима гидравлическая связь грунтовых и напорных вод. По химическому составу допустимы воды гидрокарбонатные и кальцевые с минерализацией до 1 г/л и хлоридные натриевые с минерализацией до 3 ... 5 г/л.

Классификация условий применения ВД в гумидной зоне приведена в таблице 12.1.

Площади для строительства систем ВД предварительно выбирают на основе гидрогеологических карт, отчетов по инженерно-геологическим и гидрогеологическим изысканиям и съемкам на данной и смежных территориях.

Участки должны быть с однородными песчаными грунтами, торфами любой мощности, супесями и легкими суглинками мощностью до 2 м, развитыми на хорошо водопроницаемых песчаных отложениях. При этом необходимо, чтобы мощность водоносного пласта, коэффициент фильтрации и водопроводимость были соответственно: $m \geqslant 15$ м; $k \geqslant 5$ м/сут, $T \geqslant 100$ м^2/сут.

В состав материалов гидрогеологического обоснования возможности применения ВД на данной территории входят: характеристики геологического строения на глубину до регионального водоупора, водоносных горизонтов и участков напорного питания, их гидрогеологические параметры, оценка взаимосвязи грунтовых вод с напорными и поверхностными водами, химический состав подземных и поверхностных вод, природно-климатические характеристики.

На основании указанных материалов проводят гидрогеологические расчеты ВД, включающие прогноз формирования УГВ в предпосевной и посевной периоды при работе скважин в различных режимах и в разные по водности годы, оценку суммарного дренажного стока с осушаемого массива и др.

12.2. КОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Осушительные системы ВД применяют при наличии возможности путем изменения режимов откачки из скважин управлять влажностью почв в требуемых пределах. Это объекты грунтового и грунтово-напорного водного питания, а также постоянно подтапливаемые со стороны водоемов и водотоков (польдеры). Схемы ВД представляют различные комбинации из дренажных скважин, проводящей и оградительной сети и водоприемника. На осушительных системах ВД подразделяется на систематический, выборочный, комбинированный.

Систематический ВД устраивается на больших однородных массивах и представляет сеть примерно равнодебитных скважин, равномерно расположенных на осушаемой территории по углам квадратной или равносторонней треугольной сетки (рис. 12.1). Сбросной сетью от скважин служат подземные трубопроводы или неглубокие каналы. Электроэнергия к скважинам подается по подземным кабелям и воздушным линиям электропередачи (ЛЭП) напряжением 0,4 кВ от понижающих подстанций. Более экономичны системы с отводом воды по каналам и подачей электроэнергии по открытым ЛЭП. При дебитах скважин $Q<100$ м³/ч рационально устраивать сифонные водосборы, то есть соединять одну-две вакуумные скважины сифонным трубопроводом с основной (возмущающей), служащей в качестве водоприемника. Это позволяет сократить расход электроэнергии и протяженность ЛЭП, применить безнапорные стальные, пластмассовые легкой серии и асбестоцементные трубы, уменьшить потребность в насосах, подстанциях, улучшить гидродинамические режимы работы скважин. Скважины вблизи каналов можно заменять глубокими колодцами, размещая в них оборудование для зарядки сифонов и откачки воды из колодца в сбросной канал.

Комбинированные системы, в которых сочетается совместная работа горизонтального и вертикального дренажа, применяют на объектах, имеющих сложные гидрогеологические условия. В таких системах ВД выполняет в основном вспомогательную роль. На массивах со слабофильтрующими верхними слоями и торфяниках, подстилаемых суглинками, устраивают горизонтальный дренаж, а отдельные локальные участки с достаточно водопроницаемыми грунтами, ниже которых залегает водоносный горизонт большой водопроводимости, осушают скважинами. Коллекторы отдельных крупных систем горизонтального дренажа можно вводить в скважины через фильтры-отстойники. При комбинированном дренаже скважины располагают в

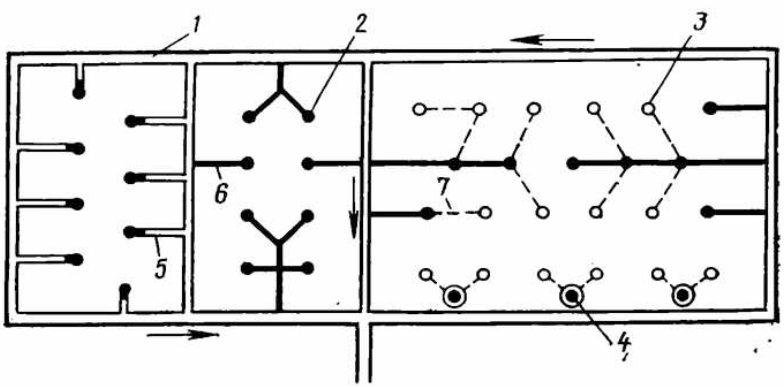


Рис. 12.1. Схемы систематического вертикального дренажа:

1 — каналы; *2* — дренажные скважины; *3* — вакуумные скважины (без насосов); *4* — малодебитные скважины или колодцы; *5* — мелкие сбросные каналы с противофильтрационными экранами в оголовках; *6* — напорные закрытые трубопроводы; *7* — сифонные трубопроводы.

12.1. Классификация условий применения вертикального дренажа в гумидной

Категория (условия применения ВД)	Геоморфологическое положение	Геологический разрез	Средний коэффициент фильтрации, м/сут / водопроводимость, м²/сут
I (весьма благоприятные)	**Поймы рек**	Торф и заторфованные пески, $m<3$ м Пески средне- и крупнозернистые с незначительными прослоями суглинков и глин, $m=40...100$ м	$\frac{>8}{>600}$
	Плоские низменности в пределах первых надпойменных террас	Торф и легкие минеральные грунты, $m<2{,}5$ м Пески разнозернистые, $m=20...100$ м	$\frac{>8}{>500}$
II (хорошие)	Плоские древнеаллювиальные равнины в пределах второй и третьей надпойменных террас с понижениями до 1,5 м	Торф, заторфованные пески и супеси, $m<2$ м Разнозернистые пески с маломощными прослоями глин и суглинков, $m=30...90$ м	$\frac{>8}{>250}$
III (удовлетворительные)	Моренно-зандровые и зандровые равнины с понижениями до 2 м	Торф и легкие минеральные грунты, $m<2$ м Пески разнозернистые с прослоями глин и суглинков, $m\geqslant 25$ м	$\frac{>6}{>150}$
IV (допустимые)	Краевые образования московского, днепровского и других оледенений	Пылеватые супеси и легкие суглинки, $m<1{,}5$ м Пески разнозернистые чередующиеся с суглинками, $m>15$ м	$\frac{>5}{>100}$
V (непригодные)	Водоразделы, равнины и долины рек	Торф, пески, суглинки на моренных или маломощных песчаных отложениях	$\frac{<5}{<100}$

первую очередь в местах разгрузки напорных вод и обильного бокового притока. Их также можно использовать в качестве источников воды для орошения.

Выборочный вертикальный дренаж — неупорядоченная система скважин, дебит, число и расположение которых определяются конфигурацией и степенью обводняемости осушаемой территории.

Осушительно-оросительные системы вертикального дренажа по конструкции отличаются от осушительных наличием дождевальных агрегатов, водоподводящих трактов, регулирующих бассейнов и насосных станций. Последние устраивают при заборе воды на орошение из каналов и водоемов. В случае использования дождевальных агрегатов фронтального действия («Волжанка», «Днепр» и др.) сбросной и оросительный трубопровод совме-

зоне

Глубина залегания регионального водоупора, породы	Возможный дебит скважин, м³/ч / площадь осушения одной скважиной, га	Тип дренажа	Источники водного питания объекта	Взаимосвязь грунтовых и напорных вод
Более 50 м, мел, плотные глины, мергели, плотные известняки, кристаллические породы	>200 / >80	Систематический (площадной)	Атмосферные осадки Грунтовые и напорные воды (до 50% приходной части водного баланса)	Тесная повсеместная гидравлическая связь
Более 25 м, породы те же	>200 / >80	То же	Атмосферные осадки Подземные воды (25...50% приходной части бассейна)	То же
Более 30 м, породы по типу I	>150 / >50		Атмосферные осадки Подземные воды (10...25% приходной части водного баланса)	Гидравлическая связь неповсеместная
25...30 м глины, моренны, мергели, кора выветривания кристаллических и других пород	>70 / >30	Площадной несистематический	То же	Гидравлическая связь существует в местах размыва моренных суглинков
Более 15 м, породы по типу III	>50 / >20	Выборочный ВД и комбинированный	Атмосферные осадки Подземные воды (до 10% приходной части баланса)	Гидравлическая связь возможна в отдельных «окнах»
Менее 15 м, породы по типу III	—	Горизонтальный	—	—

щают. Экономичны системы скважина — «Фрегат», работающие напрямую. Если дебита одной скважины недостаточно для работы дождевального агрегата, к ней подсоединяют сифонный водосбор.

Для орошения используют воды естественных и искусственных водоисточников, а также каптируемые скважинами подземные воды. В последнем случае при орошении можно применять три способа водоподачи: первый способ — вода забирается из каналов, наполняемых от скважин, и подается к дождевальным агрегатам по трубопроводам с помощью стационарных или передвижных насосных станций; второй способ — вода забирается из бассейнов суточного регулирования и подогрева, наполняемых от скважин, и подается к дождевальным агрегатам, как в первом способе; третий — вода к дождевальным агрегатам подается непосредственно из скважин (напрямую или по закрытым трубопроводам).

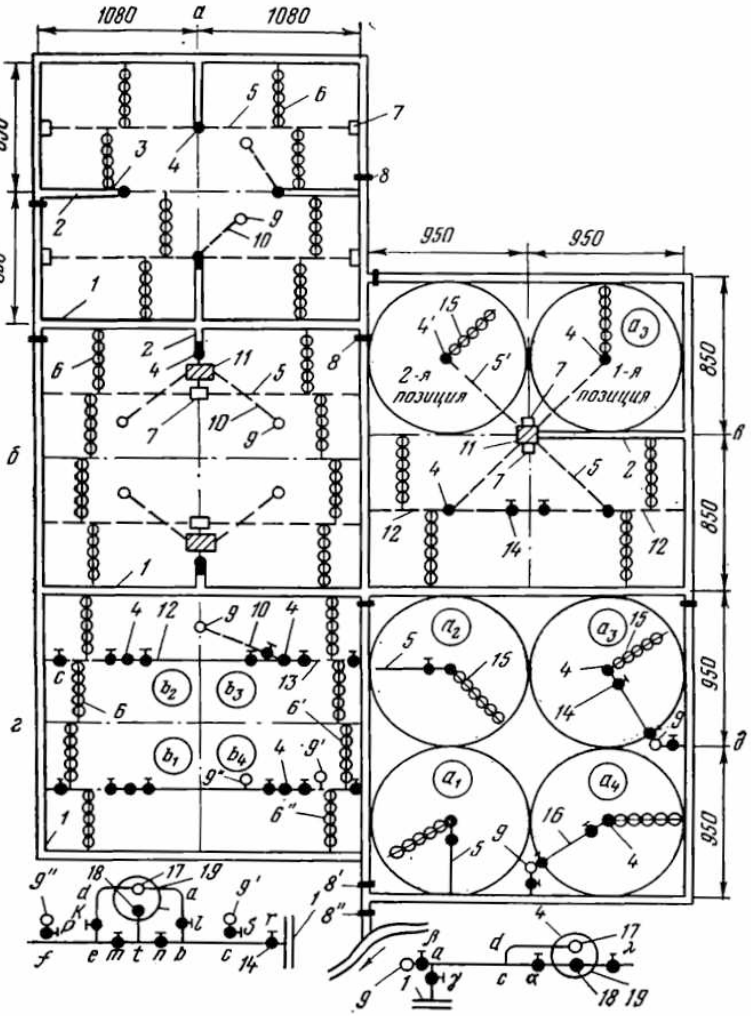


Рис. 12.2. Схемы осушительно-оросительных систем вертикального дренажа:

а — первый способ водоподачи; *б*, *в* — второй способ; *г*, *д* — третий способ; *1* — ограждающие коллекторы; *2* — сбросные каналы; *3* — пленочные экраны; *4*, *4′* — дренажные скважины; *5*, *5′* — трубопроводы; *6*, *6*, *6″* — дождевальные агрегаты; *7* — насосные станции; *8*, *8′*, *8″* — шлюзы-регуляторы; *9*, *9′*, *9″* — вакуумные скважины; *10* — сифонные трубопроводы; *11* — бассейн суточного регулирования и подогрева воды; *12* — оросительный трубопровод с гидрантами; *13* — сбросной и оросительный трубопровод с гидрантами; *14* — задвижки; *15* — дождевальный агрегат «Фрегат»; *16* — сбросной и сифонный трубопровод; *17* — сбросное колено сифона; *18* — водоподъемная колонна; *19* — фильтровая колонна. (Размеры в м.)

Конструкции систем ВД зависят от принятого способа водоподачи и от применяемых дождевальных агрегатов. Параметры скважин и их расположение назначают из условия достаточного и равномерного осушения полей, а также получения требуемого количества воды на орошение. Располо-

жение открытой сети определяется типовыми схемами использования дождевальных комплектов и установок. Схемы осушительно-оросительных систем ВД представлены на рисунке 12.2. При втором способе водоотдачи необходимо устраивать бассейны суточного регулирования и подогрева воды (рис. 12.2, *б*, *в*). Третий способ применяется только при орошении культурных сенокосов и пастбищ.

12.3. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Технология регулирования водного режима почв на осушительно-оросительных системах ВД при использовании подземных вод на дождевание состоит в следующем. Весной после прохождения паводков, перед началом полевых работ (началом вегетации растений), во время обильных летних осадков и затяжных осенних дождей в период уборки урожая системы работают в режиме осушения. Включаются все или часть скважин, каптируемые воды подают в наливные водоемы или в отводящую сеть. Требуемый водный режим поддерживается регулированием интенсивности и продолжительности откачек. После понижения УГВ до нужной в данный период нормы осушения скважины отключают. Последующее включение — по мере надобности.

Во время откачек в радиусе 50 м вокруг скважин образуются довольно глубокие воронки депрессии, однако через 0,5 ... 1,5 сут после остановки насосов воронки исчезают (заполняются водой с прилегающих участков) и на полях устанавливается примерно равномерная по площади глубина осушения.

В засушливый период, после того как УГВ под влиянием испарения и транспирации (при неработающих скважинах) опустится ниже требуемой в данный период нормы и растения начнут испытывать дефицит влаги в почве, системы ВД начинают работать в режиме орошения. Включают насосы скважин (при необходимости подключают и сифонные водосборы), и каптируемые подземные воды через систему трубопроводов, регулирующих бассейнов или напрямую (в зависимости от принятого способа водообеспечения) подаются к дождевальным агрегатам. При этом УГВ на полях дополнительно понизится, но увлажнение верхнего слоя почвы путем дождевания обеспечит нормальные условия развития растений.

Примеры работы систем вертикального дренажа при различных способах водоподачи приведены ниже.

Пример 1 — первый способ водоподачи (рис. 12.2, *а*). Режим осушения: включают насосы на скважинах *4*, открывают шлюзы *8*, дренированные воды по каналам *1* и *2* отводятся за пределы участка. Режим орошения: закрывают шлюзы *8*, включают насосы на скважинах *4*, при необходимости включают сифонные водосборы, которые представляют вакуумные скважины *9* с сифонным трубопроводом *10*, заполняют каналы *1*, из них вода насосными станциями *7* по закрытым или сборно-разборным открытым трубопроводам подается к дождевальным агрегатам *6*.

Пример 2 — второй способ водоподачи (рис. 12.2, *в*). Режим осушения: открыты шлюзы *8*, включают насосы на скважинах *4′*, вода по трубопроводам *5′* подается в бассейн *11*, излишняя — самотеком по каналам *2* и *1* отводится за пределы участка. Режим орошения (рис. 12.2, *в*, поле a_3): включают насосы на скважине *4*, вода по трубопроводу подается в бассейн *11* и из него насосной станцией *7* по трубопроводу *5* — к дождевальному агрегату.

Пример 3 — третий способ водоподачи (рис. 12.2, *г*, поле b_4). Режим осушения: открыты шлюзы *8′* и *8″* и задвижки *n* и *r*, остальные закрыты, включают насосы на скважине *4* и воду от водоподъемной колонны по трубопроводу *18t—b—c—r* сбрасывают в канал *1*. Режим орошения: шлюз *8′* и задвижки *m*, *e*, *s*, *r* закрыты, задвижки *p*, *k*, *n* открыты, включают насосы на скважине *4* и подключают сифонный водосбор *g″—f—e—d* — 17, вода по ветви *18—t—b—c* подается на орошение к агрегату *6′—6″*.

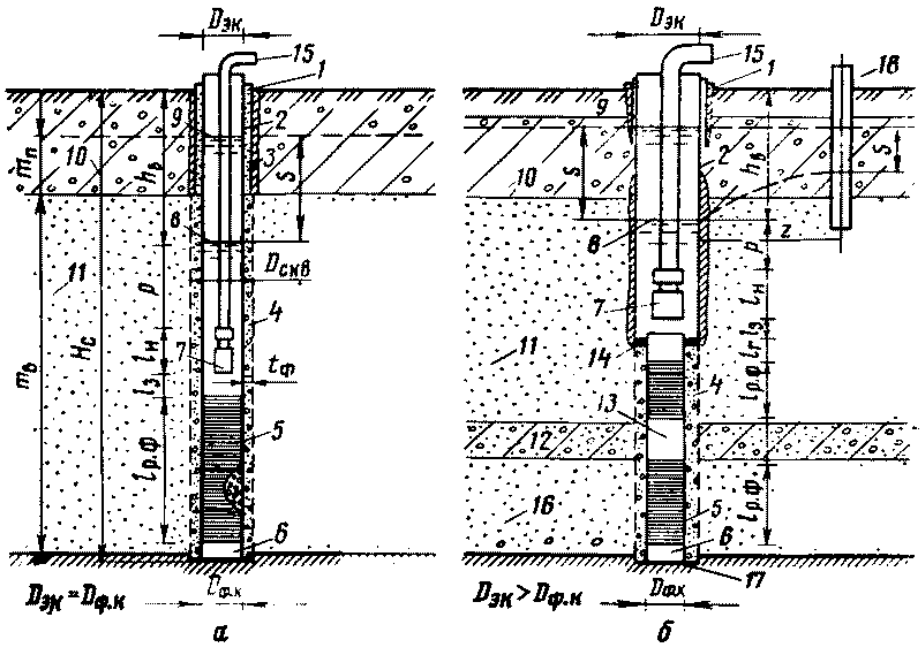


Рис. 12.3. Схемы скважин вертикального дренажа, пробуренных роторным способом:

а и *б* — соответственно при однопластовом и двухпластовом строении водоносного горизонта; *1* — обсадная труба; *2* — эксплуатационная колонна; *3* — обсыпка из отсева гравия; *4* — гравийная обсыпка; *5* — рабочая часть фильтра; *6* — отстойник; *7* — насос; *8* — динамический уровень; *9* — статический уровень; *10* — суглинок с гравием; *11* — мелкозернистый водоносный песок; *12* — супесь; *13* — глухая труба фильтра; *14* — сальник; *15* — водоподъемная труба; *16* — разнозернистый водоносный песок; *17* — деревянная пробка; *18* — наблюдательная скважина.

Особенность работы систем ВД в гумидной зоне состоит в дискретности и кратковременности функционирования в режиме осушения и орошения при общей продолжительности откачек в году в пределах 15 ... 60 сут.

12.4. КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН, СПОСОБЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

Скважина является узловым, самым сложным, ответственным и дорогостоящим элементом, от работы которого зависит нормальное функционирование всей мелиоративной системы ВД. Она состоит из водозаборной подземной части, наземных сооружений и оборудования. Подземная часть включает: водоприемную часть (обычно гравийно-песчаная обсыпка, контактирующая с грунтом водоносного пласта), обсадную колонну фильтрового каркаса, насосно-силовое оборудование с водоподъемными трубами и датчик уровня воды (рис. 12.3).

Конструкция скважины и ее параметры определяются гидрогеологическими условиями и литологией пород осушаемого массива, требуемым дебитом воды и понижением уровня грунтовых вод, технологией бурения и параметрами насосно-силового оборудования. Скважина называется совершенной, если она вскрывает водоносный горизонт на всю его мощность, и несовершенной, если пласт вскрывается частично. При этом различают несовершенство по степени и характеру вскрытия пласта.

12.2. Значения коэффициента 100 ξ

$l_{р.ф}/m_в$	$m_в/r$									
	0,5	1	3	10	30	100	200	500	1 000	2 000
0,1	0,391	12,20	20,4	1 040	2 430	4 280	5 380	6 950	7 960	9 090
0,3	0,247	9,08	12,9	479	920	1 450	1 770	2 180	2 490	2 820
0,5	0,165	4,94	65,6	226	421	650	786	964	1 100	1 240
0,7	0,055	1,67	23,7	87,9	169	267	324	401	458	519
0,9	0,005	0,15	2,51	12,8	30	52,8	66,4	84,6	98,8	112

Дебит (м³/сут) несовершенной скважины в режиме неустановившегося движения определяется уравнением

$$Q = \frac{4\pi k m_в S}{\ln \dfrac{2{,}25at}{r^2} + \xi}, \qquad (12.1)$$

где k — коэффициент фильтрации водоносного слоя, м/сут; $m_в$ — его мощность, м; S — понижение уровня воды в скважине при откачке, м; t — время откачки, сут; r — наружный радиус скважин (с учетом гравийной обсыпки) при расчете по понижению уровня в ней или расстояние от центральной скважины до наблюдательной при расчете по понижению уровня в последней (см. рис. 12.3, *б*), м; a — коэффициент уровнепроводимости, м³/сут:

$$a = km_в/\mu; \qquad (12.2)$$

μ — коэффициент водоотдачи; ξ — безразмерное фильтрационное сопротивление, учитывающее несовершенство скважин по степени вскрытия пласта (табл. 12.2); $\xi = f(l_{р.ф}/m_в, m_в/r)$; $l_{р.ф}$ — длина рабочей части фильтра.

Для совершенной скважины $\xi = 0$.

Диаметр скважины определяется диаметром фильтрового каркаса (эксплуатационной колонны) и толщиной гравийной обсыпки ($D_{скв} = D_{эк} + 2l_ф$), которая принимается по СНиП II-31—74, но не менее 50 мм. Длину и диаметр эксплуатационной колонны назначают с учетом высоты водоподъема, типы водоподъемного оборудования и глубины его погружения под динамический уровень воды в скважине. Длину эксплуатационной колонны вычисляют по формуле

$$L_{эк} = h_п + h_в + P + l_н + l_з, \qquad (12.3)$$

где $h_п \geqslant 0{,}5$ м — превышение колонны над поверхностью земли; $h_в$ — высота подъема воды; P, $l_н$ — подпор и длина насоса с электродвигателем (по паспортным характеристикам); $l_з \geqslant 2$ м — запас (рис. 12.3).

Длина рабочей (перфорированной) части обсадной трубы (фильтра) зависит от мощности водоносного пласта, диаметра фильтрового каркаса, допустимой скорости воды. Для гидродинамически совершенных скважин рабочую длину фильтра принимают несколько меньше мощности водоносного пласта $m_в$: при $m_в < 10$ м $l_{п.ф} = m_в - (1 \ldots 2)$ м; при $10 < m_в < 20$ м $l_{р.ф} = m_в - (2 \ldots 3)$ м; при $m_в > 20$ м $l_{р.ф} = m_в - (4 \ldots 5)$ м.

Длина фильтра не должна быть более 25 ... 30 м, так как дебит при большей длине существенно не увеличивается.

Для несовершенных скважин длину рабочей части фильтра принимают $(0{,}7 \ldots 0{,}8)m_в$, но не более 25 ... 30 м. Ее можно определить также по формуле

$$l_{р.ф} = 1{,}2Q_{max}/\pi D_{скв} v_{доп}, \qquad (12.4)$$

где $v_{доп}$ — допустимая скорость (м/сут) входа воды в фильтр, определяется по формуле С. К. Абрамова:

$$v_{доп} = (90...120)\sqrt[3]{k}, \quad (12.5)$$

Q_{max} — максимальный дебит скважин, м³/сут.

Типы и конструкции фильтров, рекомендуемые СНиП II-37—74 приведены в таблице 12.3. Диаметры частиц гравийной обсыпки подбирают в соответствии с диаметрами частиц водоносной породы, в которой устанавливают фильтр (табл. 12.4).

В практике строительства ВД на осушаемых землях чаще других применяют каркасно-стержневые фильтры с проволочной обмоткой из стали и фильтры на основе трубчатого каркаса (табл. 12.5).

Лучшим материалом для устройства обсыпок фильтровых каркасов скважин ВД, по данным САНИИРИ, является окатанная речная песчано-гравийная смесь (табл. 12.6). Она обеспечивает снижение сопротивлений фильтра и увеличивает удельный дебит. При использовании такой смеси уменьшаются затраты на эксплуатацию скважин.

12.3. Рекомендуемые типы и конструкции фильтров

Характеристика пород водоносного горизонта	Типы и конструкции фильтров	Размеры проходных отверстий или номера сеток
Гравий, крупнозернистые пески, гравелистый песок с частицами от 1 до 10 мм и с преобладающей крупностью частиц от 2 до 5 мм (более 50% по массе)	Трубчатые фильтры с круглой перфорацией. Щелевые фильтры всех типов. Каркасные фильтры с обмоткой проволокой из нержавеющей стали	Ширина щелей 2,5...5 мм, длина от 50 до 200 мм. Диаметр круглых отверстий 5...10 мм
Крупные пески с преобладанием частиц размером 1...2 мм (более 50% по массе)	Щелевые фильтры всех типов. Фильтры с сетками квадратного плетения на трубчатых каркасах. Сетки из латуни и нержавеющей стали устанавливают на каркасах при помощи подкладочной спирали или при помощи подкладки-сетки из винипласта	Ширина щелей 1,25...3 мм. Сетки размером ячейки от 1×1 до 2×2 мм (по ГОСТ 6613—53)
Средние пески с преобладанием частиц от 0,25 до 0,5 мм (более 50% по массе)	Гравийные фильтры с однослойной обсыпкой, с различными опорными каркасами (каркасно-стержневые, проволочные, щелевые). Материалы и конструкции фильтрующей части те же, что в предыдущем случае	Ширину щелей на каркасно-стержневых щелевых фильтрах подбирают в зависимости от преобладающей крупности частиц обсыпки. Сетки от № 6/70 до № 10/70, отверстия на трубчатых каркасах под сетки 15×20 мм
Мелкие пески с преобладанием частиц, размером 0,1...0,25 мм (более 75% по массе)	Гравийные фильтры с двухслойной песчаной или песчано-гравийной обсыпкой с опорными каркасами стержневыми, сетчатыми. Кожуховые фильтры с песчано-гравийным заполнением	Ширину отверстий на фильтрах подбирают в зависимости от преобладающей крупности частиц обсыпки. Сетки от № 6/70 до № 10/70, отверстия на трубчатых опорных каркасах под сетку — круглые до 15...20 мм, щели шириной 7...10 мм, длиной до 100 мм

12.4. Рекомендуемые диаметры частиц гравийной обсыпки

Водоносные породы	Диаметр частиц, составляющих породу более чем на 50%, мм	Диаметр частиц гравийной обсыпки, мм
Крупнозернистые пески	2...1	10...8
Среднезернистые пески	1,0...0,5	5...4
Мелкозернистые пески	0,5...0,25	2,5...2,0
Тонкозернистые пески и супеси	0,25...0,05	1,0...0,5

12.5. Техническая характеристика каркасно-стержневых фильтров с проволочной обмоткой и фильтров на основе трубчатого каркаса (l=3100 мм) (по ТУ 51-644—74)

Тип фильтра	Диаметр, мм		Масса секции, кг	Скважность, %	Тип фильтра	Диаметр, мм		Масса секции, кг	Скважность, %
	наружный	внутренний				наружный	внутренний		
					ТЛ-12Ф4В	339	307	223	15...25
С-8Ф5В	247	203	88	59	ТЛ-14Ф4В	391	359	259	
С-10Ф5В	301	255	105	62	ТЛ-16Ф4В	440	406	294	
С-12Ф5В	352	307	161	60	СП-8Ф7В	251	203	103	34...44
С-14Ф5В	405	359	178	60	СП-10Ф7В	307	255	136	28...38
С-16Ф5В	454	406	202	61	СП-12Ф7В	359	307	158	39
ТП-8Ф2В	245	203	136	28...42	СП-14Ф7В	411	359	180	38
ТП-10Ф2В	299	255	203	22.. 23	СП-16Ф7В	460	406	200	39
ТП-12Ф2В	341	307	229	25...30	СЛ-8Ф11В	249	203	104	25...30
ТП-14Ф2В	393	359	266	22...32	СЛ-10Ф11В	303	255	122	25...30
ТП-16Ф2В	442	406	304	22...32	СЛ-12Ф11В	355	307	180	25...30
ТЛ-8Ф4В	245	203	137	15...25	СЛ-14Ф11В	407	359	210	
ТЛ-10Ф4В	299	255	190	15...25	СЛ-16Ф11В	456	406	237	

Примечания. 1. Фильтры применяют в рыхлых несвязных породах (для мелкозернистых песков с гравийной обсыпкой), а также в разнозернистых песках (для тонкозернистых песков с гравийной обсыпкой). 2. Обозначения: Т, ТП и ТЛ — фильтр на основе трубчатого каркаса соответственно с круглой перфорацией, с водоприемной поверхностью из нержавеющей проволоки, навитой на закрепленные вдоль трубчатого каркаса стержни, и с водоприемной поверхностью из нержавеющего просечного листа, опирающегося на закрепленный трубчато-стержневой каркас; С — стержневой каркас; СП и СЛ — то же, с водоприемной поверхностью соответственно из нержавеющей проволочной навивки и нержавеющего просечного листа.

12.6. Рекомендуемый фракционный состав песчано-гравийных обсыпок (%)

Характеристика водоносных песков	Диаметр фракций, мм					
	20... 10	10... 7	7... 5	5... 3	3... 2	2... 1
Тонкозернистый	—	13...20	10...15	17...20	15	30...35
Мелко- и среднезернистый	27	13...20	13...15	17...20	14...15	16...25
Крупнозернистый и гравелистый	27...40	13...15	10...13	15...17	10...14	10...16

При толщине обсыпки менее 200 мм состав ее согласно СНиП II-31—74 подбирают по соотношению

$$D_{50}/d_{50} = 8...12, \qquad (12.6)$$

где D_{50} и d_{50} — размер частиц, меньше которых соответственно в обсыпке и в водоносном пласте содержится 50% по массе.

Рекомендуются (САНИИРИ) следующие соотношения: для тонкозернистых песков $D_{50}/d_{50}=15...20$, мелко- и среднезернистых $D_{50}/d_{50}=20...25$ и крупнозернистых и гравелистых песков $D_{50}/d_{50}=25...35$. Правильность подбора обсыпки проверяется на водопроницаемость по условию: $k_ф/k_{гр} \geqslant 30$, где $k_ф$ и $k_{гр}$ — коэффициент фильтрации соответственно обсыпки и водоносного грунта.

При строительстве скважин ВД на осушаемых землях диаметр их следует назначать по возможности бóльшим. Это позволяет устраивать вокруг фильтровых каркасов достаточно мощные песчано-гравийные обсыпки, что значительно улучшает условия их работы, повышает водозахватную способность (осушительный эффект), увеличивает срок службы скважин. Кроме того, сокращаются удельные капитальные вложения в строительство и эксплуатацию, повышается технико-экономическая эффективность.

Существуют три основных способа строительства скважин большого диаметра: ударно-канатное бурение с закреплением стенок скважин обсадными трубами; роторно-вращательное бурение с применением глинистого раствора; вращательно-всасывающее бурение с обратной промывкой чистой водой (новый способ).

При ударно-канатном бурении порода разрушается ударом рабочего инструмента (долота) и удаляется желонкой. Используют установки УКС-22М и УКС-30М, позволяющие бурить скважины диаметром соответственно до 600 и 900 мм.

Роторно-вращательный способ бурения наиболее производительный. Используют установки УРБ-2А, УРБ-3АМ, УРБ-4ПМ, БА-15В и др. Разрушенная рабочим инструментом (ротором) порода удаляется промывочной жидкостью, в качестве которой используют в основном глинистый раствор. Процесс бурения осуществляется следующим образом. Буровой насос забирает глинистый раствор из котлована и подает его по вращающимся бурильным трубам на забой. Раствор, омывая рабочий инструмент, захватывает разбуренную породу и поднимает по стволу наверх, стекает в отстойник, где освобождается от шлама. Большой недостаток этого способа — необходимость

12.7. Техническая характеристика насосных установок типа ЭЦВ

Марка насоса	Подача, м³/ч	Напор, м	Подпор P, м	Тип электродвигателя	Номинальная мощность электродвигателя, кВт	Минимальный внутренний диаметр обсадной колонны, мм
ЭЦВ 10-120-40Г	85...150	31...46	1	ПЭДВ 22-219Г	22	250
ЭЦВ 10-120-60	90...150	50...69	1	ПЭДВ 32-230	32	250
ЭЦВ 10-160-35М	120...175	28...40	1	2ПЭДВ 22-230	22	250
ЭЦВ-10-160-65	120...200	53...75	1	ПЭДВ 45-230	45	250
ЭЦВ 12-210-25	140...250	21...37	2	ПЭДВ 22-230	22	300
ЭЦВ 12-210-55	160...250	44...66	2	ПЭДВ 45-27	45	300
ЭЦВ 12-255-30М	230...330	22...34	6	5ПЭДВ 32-230	32	300
ЭЦВ 12-275-30	320...410	28...34	6	2ПЭДВ 45-230	45	300

Примечание. Обозначения: Э — электрический, Ц — центробежный, В — водоподъемный; первая цифра означает диаметр (мм) скважины, уменьшенный в 25 раз, следующая — подачу (м³/ч) и последняя — напор (м).

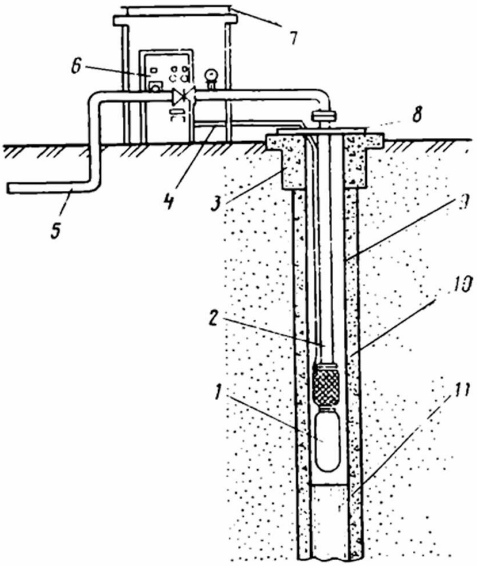


Рис. 12.4. Схема скважинной насосной установки вертикального дренажа:

1 — электронасосный агрегат; *2* — водоподъемный трубопровод; *3* — бетонный оголовок; *4* — токоподводящий кабель; *5* — сбросной трубопровод; *6* — шкаф с аппаратурой для автоматического управления электродвигателем; *7* — здание насосной станции; *8* — опорное устройство; *9* — эксплуатационная колонна; *10* — гравийная обсыпка; *11* — фильтр скважины.

проведения работ по разглинизации. При строительстве скважин ВД почти не применяется.

Способ с обратной промывкой применяется при строительстве скважин большого диаметра (до 1 200...1 500 мм). От роторно-вращательного бурения этот способ отличается обратным направлением промывочной жидкости (вода). Она поступает в ствол скважины из резервуара, опускается на забой, захватывает разбуриваемую вращением рабочего инструмента породу и по трубам отсасывается на поверхность, где в отстойнике освобождается от шлама. При бурении ствол скважины не крепится. От обрушения его удерживает противодавление ствола воды в скважине, высота которого должна быть не менее 3 м над статическим уровнем грунтовых вод. По данным В. М. Гаврилко, дебит скважин, пробуренных этим способом, превышает дебит скважин, пробуренных ударным способом, в 1,5, а вращательным с глинистым раствором — в 8...10 раз. Применяют буровые установки УКС-22М-ОП, УКС-30М-ОП, УРБ-3АМ-ОП, УРБ-2А-ОП, 1БА-15К, ФА-12 и др.

12.5. НАСОСНО-СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Насосно-силовое оборудование, являющееся неотъемлемой частью систем ВД, включает: электронасосный агрегат (скважинную установку), состоящий обычно из погружного скважинного насоса с электродвигателем, запорную и измерительную аппаратуру, аппаратуру для автоматического управления электродвигателем, здание насосной станции (наружное или подземное), линии электропередачи, трансформаторные подстанции, подземные кабели и др.

Опыт эксплуатации осушительных систем ВД показал, что наиболее приемлемы погружные насосные установки типа ЭЦВ (табл. 12.7).

На осушительно-оросительных системах ВД при подаче воды в дождевальные агрегаты напрямую от скважин применяют насосы марок ЭЦВ 10-160-65, ЭЦВ 12-160-65, ЭЦВ 12-160-100, ЭЦВ 12-160-140, ЭЦВ 12-210-85, ЭЦВ 12-210-145 и др.

Насосные агрегаты марки ЭЦВ комплектуют с погруженными асинхронными электродвигателями типа ПЭДВ, которые заливаются водой для охлаждения обмотки статора и смазки подшипников.

Для управления скважинными насосами марки ЭЦВ комплектно поставляют станции управления. В системах ВД применяется бесконтактная станция управления ШЭТ 5804, которая совместно с датчиками уровня воды в скважине и «сухого хода» представляет систему серии САУНА-2. Она обеспечивает автоматическое телемеханическое и местное управление, автома-

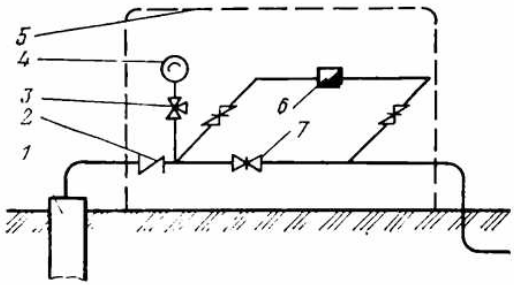


Рис. 12.5. Монтажная схема гидромеханического оборудования скважин вертикального дренажа:

1 — скважина; *2* — обратный клапан; *3* — трехходовой кран; *4* — манометр; *5* — здание насосной станции; *6* — расходомер; *7* — задвижка.

тический селективный самозапуск и автоматическую защиту электродвигателя от аварийных режимов работы, а также визуальный контроль нагрузки электродвигателя и срабатывания защит. Автоматическое управление электронасосом происходит в зависимости от уровня воды в скважине ВД. Подачу насосов измеряют индукционными расходомерами типа ИГ-51 и др.

В непосредственной близости от скважин ВД устраивают насосные станции, которые представляют здания облегченного типа из кирпича или железобетонных панелей (рис. 12.4). В нем размещают запорную аппаратуру, приборы контроля и измерения (задвижки, обратный клапан, расходомер, манометр, трехходовой кран), а также станцию управления агрегатом и аппаратуру автоматики. Монтажная схема гидромеханического оборудования скважины ВД приведена на рисунке 12.5. Если скважина попадает в поле действия дождевальной машины типа «Волжанка», то устраивают полуподземную насосную станцию в виде трех заглубленных камер из железобетонных колец диаметром 1,5 м.

Электроснабжение одиночных насосных станций с погруженными насосами марок ЭЦВ с электродвигателем ПЭДВ можно проводить по следующим схемам:

от расположенной вблизи трансформаторной подстанции по линии напряжением 6 ... 10 кВ (у каждой насосной станции должна быть понизительная комплектная трансформаторная подстанция);

от расположенной вблизи трансформаторной подстанции по линии напряжением 35 кВ (в этом случае у насосных станций с электродвигателями мощностью 38 и 45 кВт сооружают подстанцию напряжением 25/0,4 кВ, а у насосной станции с электродвигателем мощностью 65 кВт — сборную трансформаторную подстанцию напряжением 35/0,4 кВ, мощностью 160 кВт на деревянной опоре);

от расположенной вблизи трансформаторной подстанции по линии напряжением 0,4/0,23 кВ (без устройства дополнительных подстанций).

12.6 ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

УСТАНОВИВШАЯСЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Исходными материалами для проведения фильтрационных расчетов ВД на осушаемых землях сельскохозяйственного пользования являются: литологическое строение до регионального водоупора, гидрогеологические параметры водоносной толщи, почвенно-климатические условия массива, планируемый характер его использования, режимы почвенно-грунтовых вод, динамика регулирующих воздействий и др. Специфика условий работы ВД в гумидной зоне состоит в том, что скаважины работают в дискретном режиме. Продолжительность одного выпуска — непрерывной работы — составляет 5...15 сут, редко больше. За это время необходимо создать благоприятные условия для подготовки и проведения весенне-полевых работ. При этом переосушение почвы также нежелательно, как и переувлажнение. Допустимые отклонения от нормы осушения составляют 0,1...0,2 м. В засушливый период

скважины должны обеспечить забор необходимого количества воды для орошения земель.

По материалам разведочных и опытно-фильтрационных работ составляется расчетная геофильтрационная схема: однопластовая — один хорошо водопроницаемый водоносный пласт сравнительно однородного или двухслойного (с покровным менее водопроницаемым слоем) строения; трехслойного строения ($k_1 > k_2 > k_3$; $k_1 < k_2 \leqslant k_3$) или двухпластовая — два хорошо водопроницаемых водоносных пласта, разделенных слабоводопроницаемым слоем. Верхний пласт может быть однородного ($k_{1,3} \gg k_2$) или двухслойного строения. Для осушительных систем ВД наиболее приемлемы массивы с однопластовым относительно однородным строением водоносного горизонта.

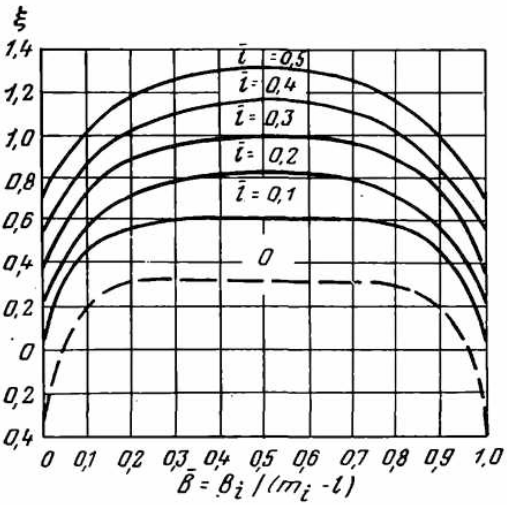


Рис. 12.6. График для определения параметра ξ.

Основными расчетными схемами размещения скважин на осушаемой территории являются: одиночная скважина, площадная (по квадратной со стороной σ сетке), выборочная (неупорядоченная) схема, линейный ряд скважин.

Наиболее разработанным методом геофильтрационных расчетов ВД в неоднородно-слоистых средах является метод фильтрационных сопротивлений. По этому методу дебит скважины определяют по универсальной формуле

$$Q = TS_c/(F + \Phi). \tag{12.7}$$

Если дебит скважины известен, то понижение уровня в ней

$$S_c = Q\,(F + \Phi)/T, \tag{12.8}$$

где $T = \Sigma k_i m_i$ — водопроводимость пласта; F — фильтрационные сопротивления совершенной скважины; Φ — дополнительные фильтрационные сопротивления, обусловленные несовершенством скважин, которые в общем случае находят как сумму двух составляющих:

$$\Phi = f_{нс} + f_0, \tag{12.9}$$

где $f_{нс}$ и f_0 — фильтрационные сопротивления соответственно по степени и характеру вскрытия пласта. Для определения сопротивления $f_{нс}$ имеются рекомендации Н. Н. Веригина, В. М. Шестакова и др.

По В. М. Шестакову,

$$f_{нс} = \frac{1}{2\pi}\,\frac{1-\bar{l}}{\bar{l}}\left(\ln\frac{l}{r_c} - \xi\right), \qquad \bar{l} = l/m_i, \tag{12.10}$$

где l — длина рабочей части фильтра скважины; m_i — мощность расчетного слоя; $\xi = f(\bar{l}, \bar{b}_i)$ — коэффициент, определяемый по графику, изображенному на рисунке 12.6 при

$$\bar{b} = b_i/(m_i - l). \tag{12.11}$$

Например, b_i принимается равным b_1 или b_2 (см. фильтрационные схемы в таблицах 12.8...12.10).

Методы определения параметра f_0 пока разработаны недостаточно. Для ориентировочного расчета можно воспользоваться зависимостью

$$f_0 = f_{01} + f_{02} + f_{03} + f_{04}, \qquad (12.12)$$

где f_{01} — сопротивление, вызываемое фильтром скважины; f_{02} — сопротивление, обусловленное фильтровой обсыпкой и изменением водопроницаемости в прискважинной зоне; f_{03} — сопротивление, вызываемое отклонением от линейного режима фильтрации; f_{04} — сопротивление, обусловленное гидравлическими потерями в трубах:

$$f_{01} = \frac{m_1 \delta}{2\pi r_c l \alpha \xi_\Phi}, \qquad (12.13)$$

$$f_{02} = \frac{1}{2}\left(\frac{k}{k_0} - 1\right) \ln \frac{r_0}{r_c}, \qquad (12.14)$$

$$f_{03} = \frac{\varphi Q_1 (\varphi - 1)}{2\pi T S_1}, \qquad (12.15)$$

$$f_{04} = QT\varphi_\tau, \qquad \varphi_\tau = \frac{8\lambda l_\tau}{\pi^2 g d_\tau^5}, \qquad (12.16)$$

δ — толщина стенок фильтра; α — скважность фильтра; ξ_Φ — коэффициент, учитывающий сужение фильтрационных струй при подходе к отверстиям фильтра (изменяются от 1 до $1/\alpha$); k_0 и r_0 — коэффициент фильтрации и радиус прискаважинной зоны с измененной водопроницаемостью; Q_1 — дебит скважины при понижении S_1 в условиях отклонения от линейного закона фильтрации; φ — параметр, определяемый по зависимости:

$$\varphi = (1 - Q_1/Q_2)/[1 - (Q_1/Q_2)^2 S_2/S_1], \qquad (12.17)$$

Q_2 — дебит при понижении S_2; d_τ и l_τ — диаметр и длина водоподъемной трубы; λ — коэффициент гидравлического трения, для стальных труб по Ф. А. Шевелеву:

при $\mathrm{Re} > 10^6$

$$\lambda = 0{,}021/d_\tau^{0{,}3}, \qquad (12.18)$$

при $\mathrm{Re} < 10^6$

$$\lambda = (1{,}5 \cdot 10^{-6}/d_\tau + 1/\mathrm{Re})^{0{,}3}, \qquad (12.19)$$

Re — число Рейнольдса.

Достоверные данные по величине f_0 могут быть получены только в результате специальных исследований и эксплуатации скважин. Поэтому в большинстве случаев в расчетах принимается $f_0 = 0$.

Систематический площадной дренаж с равномерным расположением скважин (по углам квадратной сетки размером σ) — наиболее приемлемая схема ВД при осушении крупных массивов. В таблицах 12.8 и 12.9 приведены основные зависимости, предложенные А. Я. Олейником, В. М. Шестаковым и другими авторами для геофильтрационных расчетов ВД при инфильтрационном питании и стационарном режиме движения. Параметр инфильтрационного питания q может быть определен по методике, изложенной в главе 11 (см. табл. 11.1), или принят равным модулю стока q_0 [л/(с·га)]. Тогда

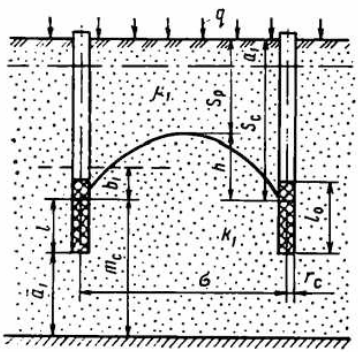
$$q = q_0/116, \text{ м/сут}. \qquad (12.20)$$

В таблице 12.8 даны зависимости для случая однородного строения пласта, в таблицле 12.9 — для двухслойного и в таблице 12.10 — трехслойного (двухпластовая схема). Решение находят методом подбора.

Пример. Определить расстояние между скважинами σ в однородном грунте ($k_1 = 7{,}5$ м/сут) при следующих исходных данных (см. табл. 12.8):

12.8. Зависимости для расчета систематического вертикального дренажа в однородном грунте при стационарной фильтрации

Расчетная схема	Расчетные зависимости



$$h = \frac{Q}{2\pi T}\left(\ln\frac{\sigma}{\pi r_c} + 2\pi\Phi\right) \quad (12.21);$$

$$Q = q\sigma^2 \quad (12.22);$$

$$\Phi = \frac{1}{2\pi}\,\frac{1-\bar{l}}{\bar{l}}\left(\ln\frac{l}{r_c} - \xi\right) \quad (12.23);$$

$$\bar{l} = l/m_1 \quad (12.24);$$

ξ по рисунку 12.6

при

$$\bar{b} = b_1/(m_1 - l) \quad (12.25);$$

$$b_1 = h/2 \quad (12.26);$$

$$T = k_1 m_1 \quad (12.27);$$

$$m_1 = m_c + h/2 \quad (12.28);$$

q по таблице 11.1 или по формуле (12.20),

$$q = w/t;$$

$$w = H_{сн}(1-\sigma_1) + (S_p - a_1)\,\mu + (p-e)\,t;$$

$$t = 5\ldots15 \text{ сут};$$

S_p — норма осушения; p — осадки; e — испарение; $\sigma_1 = 0{,}8\ldots0{,}95$

УГВ к началу осушения расположен на глубине $a_1 = 0{,}1$ м; модуль стока $q_0 = 0{,}7$ л/(с·га), требуемая норма осушения $S_p = 0{,}6$ м. Параметры скважины: $r_c = 0{,}2$ м; $l = 20$ м; $l_0 = 25$ м, $\bar{a}_1 = 13$ м. Понижение уровня в скважине при откачке $S_c = 7{,}0$ м.

Исходя из заданных условий, вычисляем $h = S_c + a_1 - S_p = 7{,}7 + 0{,}1 - 0{,}6 = 6{,}5$ м.

По формуле 12.26 находим $b_1 = 6{,}5/2 = 3{,}25$ и вычисляем $m_1 = \bar{a}_1 + l + b_1 = 13{,}0 + 20{,}0 + 3{,}25 = 36{,}25$ м.

По формуле (12.20) находим интенсивность инфильтрационного питания $q = 0{,}7/116 \approx 0{,}006$ м/сут.

По формуле (12.25) определяем $\bar{b} = 3{,}25/(36{,}25 - 20{,}0) = 0{,}2$ и по формуле (12.24) вычисляем $\bar{l} = 20{,}0/36{,}95 = 0{,}552$. Далее по графику 12.6 находим $\xi = 1{,}27$.

По формуле (12.27) рассчитываем $T = 7{,}5 \cdot 36{,}25 = 271{,}9$ м²/сут.

Фильтрационные сопротивления, обусловленные несовершенством скважины, вычисляем по формуле (12.23):

$$\Phi = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14} \cdot \frac{1 - 0{,}552}{0{,}552}\left(\ln\frac{20{,}0}{0{,}2} - 1{,}27\right) = 0{,}431.$$

12.9. Зависимости для расчета систематического вертикального дренажа в двухслойных грунтах при стационарной фильтрации

Расчетные схемы	Расчетные зависимости

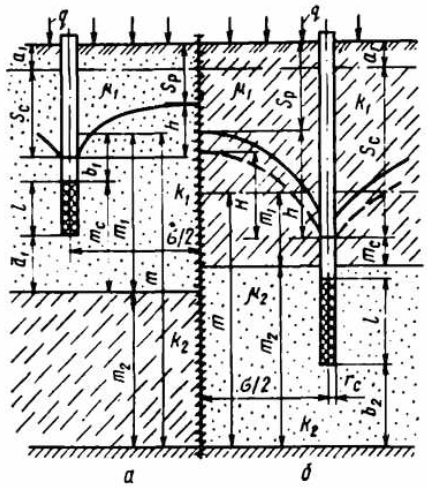


Схема *а*

h по формуле (12.21), Q по формуле (12.22), q по таблице 12.8,

$$\Phi = \beta_в \frac{k_2}{k_1} f + \frac{k_1 - k_2}{k_1} f_1 \quad (12.29);$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \frac{1-\bar{l}}{\bar{l}} \left(\ln \frac{l}{r_c} - \xi \right) \quad (12.30);$$

ξ по рисунку 12.6 при

$$\bar{l} = l/m \quad (12.31);$$

и

$$\bar{b} = b_1/(m-l) \quad (12.32);$$

f_1 по формуле (12.30), при

$$\bar{l} = l/m_1 \quad (12.33);$$

и

$$\bar{b} = b_1/(m_1 - l) \quad (12.34);$$

ξ по рисунку 12.6, $\beta_в$ по рисунку 11.1 (глава 11) при

$$\bar{r} = r_c/m_1 \quad (12.35);$$

$$\lambda = (k_2 - k_1)/(k_2 + k_1) \quad (12.36);$$

$$\bar{m} = m_2/m_1 \quad (12.37);$$

$$T = k_1 m_1 + k_2 m_2 \quad (12.38);$$

Схема *б*

$$H = \frac{Q}{2\pi T} \left(\ln \frac{\sigma}{\pi r_c} + 2\pi\Phi \right) \quad (12.39);$$

Q по формуле (12.22), q по таблице 12.8 или по формуле (12.20)

$$\Phi = \beta_н \frac{k_1}{k_2} f + \frac{k_2 - k_1}{k_2} f_2 \quad (12.40);$$

f по формуле (12.30), ξ по рисунку 12.6 при $\bar{l}$ по формуле (12.31) и

$$\bar{b} = b^2/(m-l) \quad (12.41);$$

f_2 по формуле (12.30), ξ по рисунку 12.6 при

$$\bar{l} = l/m_2 \quad (12.42);$$

и

$$\bar{b} = b_2/(m_2 - l) \quad (12.43);$$

$\beta_н$ по рисунку 11.1 при

$$\bar{r} = r_c/m_2 \quad (12.44);$$

$$\lambda = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \quad (12.45);$$

$$\bar{m} = m_1/m_2 \quad (12.46);$$

T по формуле (12.38),

$$h = H + q \frac{m_1}{k_1} \quad (12.47)$$

12.10. Зависимости для расчета систематического вертикального дренажа в трехслойном грунте (двухпластовая схема)

Расчетные схемы	Расчетные зависимости

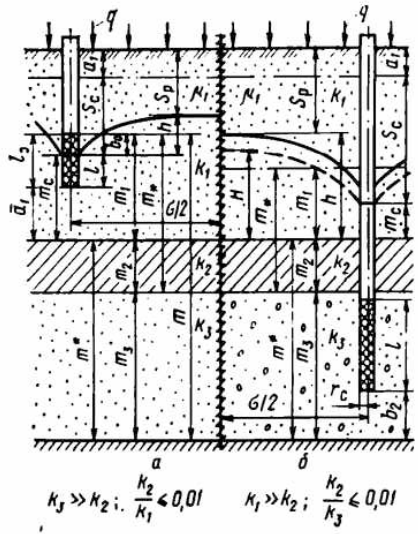


Схема *а*

h по формуле (12.21), Q по формуле (12.22), q по таблице 12.8,

$$\Phi = f_1 + T_3/T_1\left(f_1 + \frac{1}{2\pi}\ln\frac{1{,}12}{\bar{r}_c}\right) \quad (12.48);$$

$$T_1 = k_1 m_1 \quad (12.49);$$

$$T_3 = k_3 m_3 \quad (12.50);$$

$$T = T_1 + T_3 \quad (12.51);$$

$$c = \sqrt{k_2 T/(m_2 T_1 T_3)} \quad (12.52);$$

$$\bar{r}_c = c r_c \quad (12.53);$$

f_1 по формуле (12.23), ξ по рисунку 12.6 при $\bar{l}$ по формуле (12.24), $\bar{b}$ по формуле (12.25) и b_1 по формуле (12.26)

Схема *б*

H по формуле (12.39), Q по формуле (12.22), q по таблице 12.8,

$$\Phi = f_3 + T_1/T_3\left(f_3 + \frac{1}{2\pi}\ln\frac{1{,}12}{\bar{r}_c}\right) \quad (12.54);$$

T_1 по формуле (12.49), T_3 по формуле (12.50), T по формуле (12.51), $\bar{r}_c$ по формуле (12.53), c по формуле (12.52), f_3 по формуле (12.30), ξ по рисунку 12.6 при

$$\bar{l} = l/m_3 \quad (12.55);$$

и

$$\bar{b} = b_2/(m_3 - l) \quad (12.56);$$

$$h = H + q\left(\frac{m_1}{k_1} + \frac{m_2}{k_2}\right) \quad (12.57)$$

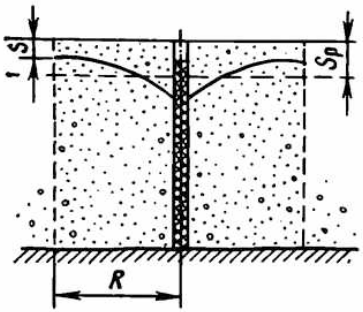


Рис. 12.7. Схема действия скважины в системе площадного дренажа.

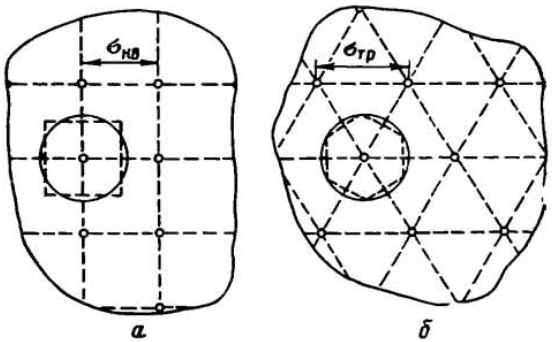


Рис. 12.8. Схемы расположения систематического площадного дренажа:
а и *б* — по квадратной и треугольной равносторонней сетке.

По формуле (12.22) требуемый дебит скважины $Q=0{,}006\,\sigma^2$. Подставляем его в формулу (12.21):

$$h=\frac{0{,}006\sigma^2}{2\cdot 3{,}14\cdot 271{,}9}\left(\ln\frac{\sigma}{3{,}14\cdot 0{,}2}+2\cdot 3{,}14\cdot 0{,}431\right)=6{,}5\text{ м}.$$

Подбором находим $\sigma=447$ м. Принимаем $\sigma=450$ м. Дебит $Q=0{,}006\cdot 450^2=1215$ м³/сут$=50{,}6$ м³/ч.

НЕСТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Фильтрационные расчеты ВД можно разделить на проектные и эксплуатационные задачи. При проектировании требуется: вычислить при известном дебите и заданной схеме размещения скважин расстояние между ними, необходимое для обеспечения снижения УГВ до требуемой нормы осушения $S_р$ за время $t_{сн}$; определить число скважин, необходимое для регулирования УГВ в заданных пределах. К эксплуатационным задачам относятся: определение времени работы данной системы скважин с целью понижения УГВ на требуемую величину при известном дебите; установление режима работы скважин (рабочего дебита), обеспечивающего на полях в течение заданного периода работы t требуемую норму осушения $S_р$.

Для решения этих задач наиболее приемлемы зависимости метода нестационарной фильтрации. Однако строгих и достаточно простых приемлемых для практики решений пока нет. Ниже приведены приближенные зависимости для геофильтрационных расчетов систематического ВД, основанные на формуле Маскета, полученной для замкнутой круговой области питания (схема «бочка», рис. 12.7).

Понижение уровня на границе области питания

$$S=\frac{Q}{2\pi T}\left[\frac{2Tt}{R^2\mu}+\frac{1}{2}\left(\frac{r}{R}\right)^2+\lg\frac{R}{r}-\frac{3}{4}\right]. \qquad (12.58)$$

На границе области $r=R$

$$S=\frac{Q}{2\pi T}\left(\frac{2Tt}{\mu R^2}-\frac{1}{4}\right). \qquad (12.59)$$

При расположении скважин по углам квадратной (рис. 12.8, *а*) сетки со стороной $\sigma_{кв}$

$$R=0{,}565\sigma_{кв}. \qquad (12.60)$$

Для равносторонней треугольной сетки (рис. 12.8, *б*)

$$R = 0{,}526\sigma_{тр}. \qquad (12.61)$$

Длительность откачки, необходимой для обеспечения требуемой нормы осушения $S_р$ при заданных Q и R, определяют по зависимости

$$t_{сн} = \mu\pi R^2 S_р/Q. \qquad (12.62)$$

Радиус области питания вычисляют по формуле

$$R = \sqrt{Qt_{сн}/(\mu\pi S_р)}. \qquad (12.63)$$

Подставляя радиус в формулы (12.60) и (12.61), находим расстояние между скважинами.

Норма осушения, устанавливающаяся после прекращения откачек:

$$S_р = Qt_{сн}/(\mu\pi R^2). \qquad (12.64)$$

Необходимое число скважин для осушения площади P определяется уравнением

$$n = \left| \mu \frac{PS_р}{Qt_{сн}} + 1 \right|. \qquad (12.65)$$

Зависимости (12.61)...(12.65) справедливы для совершенных скважин в однородном грунте при отсутствии инфильтрационного питания. При этом учтено то обстоятельство, что ВД на осушаемых землях работает дискретно. В период откачек создается определенная неравномерность осушения (глубокие воронки депрессии вблизи скважин). После прекращения откачек происходит быстрое выравнивание УГВ по площади — падение уровня вдали от скважин и заполнение воронок депрессии (рис. 12.7).

Методика расчетов показана на следующих примерах.

Пример 1. Площадь осушения $P = 400$ га $= 4\,000\,000$ м^2. Расчетный дебит скважин $Q = 2500$ м^3/сут. Требуемая норма осушения $S_р = 0{,}5$ м. Расчетный период откачки $t_{сн} = 10$ сут. Параметры водоносного пласта $T = 500$ м^2/сут, $\mu = 0{,}1$.

Определить необходимое число скважин, расстояния между ними при треугольной сетке размещения и контрольное снижение S к концу расчетного периода на контуре питания скважин.

По формуле (12.65) находим необходимое число скважин:

$$n = \left| 0{,}1 \frac{4\,000\,000 \cdot 0{,}5}{2500 \cdot 10} + 1 \right| = 9.$$

Радиус области питания вычисляем по зависимости (12.63):

$$R = \sqrt{\frac{2500 \cdot 10}{0{,}1 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}5}} = 399 \text{ м}.$$

Расстояния между скважинами из выражения (12.61):

$$\sigma_{тр} = \frac{399}{0{,}526} = 758 \text{ м}.$$

По формуле (12.59) находим контрольное понижение на период $t = 10$ сут:

$$S = \frac{2500}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 500} \left(\frac{2 \cdot 500 \cdot 10}{0{,}1 \cdot 399^2} - \frac{1}{4} \right) = 0{,}3 \text{ м}.$$

Пример 2. По данным предыдущего примера найти среднее снижение $S_р$ после 10 сут откачки при расположении скважин по квадратной сетке со стороной 700 м.

По зависимости (12.60) находим $R=0{,}565\cdot 700=395{,}5$ м. По формуле (12.64) вычисляем

$$S_р=\frac{2500\cdot 100}{0{,}1\cdot 3{,}14\cdot 395{,}5^2}=0{,}51 \text{ м}.$$

Пример 3. При тех же условиях определить время $t_{сн}$, необходимое для снижения УГВ на величину $S_р=0{,}5$ м.

По зависимости (12.62) находим

$$t_{сн}=\frac{0{,}1\cdot 3{,}14\cdot 395{,}5^2\cdot 0{,}5}{2500}=9{,}8=10 \text{ сут}.$$

На контуре $R=395{,}5$ м понижение

$$S=\frac{2500}{2\cdot 3{,}14\cdot 500}\left(\frac{2\cdot 500\cdot 10}{0{,}1\cdot 395{,}5^2}-\frac{1}{4}\right)=0{,}31 \text{ м}.$$

Глава 13. АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Агромелиоративные мероприятия проводят с целью повышения интенсивности регулирования водного режима осушаемых почв путем отвода избыточных количеств воды с поверхности и из корнеобитаемого слоя. К ним относятся мероприятия по ускорению поверхностного стока: узкозагонная вспашка, бороздование, гребневание, грядование, профилирование, выравнивание и планировка; мероприятия по улучшению водно-физических свойств подпахотных горизонтов: глубокое рыхление, применение химических мелиорантов, кротование, а также пескование и глинование осушаемых торфов. Агромелиоративные мероприятия в зоне избыточного увлажнения рекомендуется сочетать с осушительной сетью.

13.1. МЕРОПРИЯТИЯ ПО УСКОРЕНИЮ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

Ускорение поверхностного стока особенно важно при осушении слабоводопроницаемых почв системами закрытого дренажа с редкой сетью открытых проводящих каналов.

Выбор агромелиоративных мероприятий зависит в основном от климатических условий и применяемой агротехники.

Узкозагонная вспашка на ровных полях со слабоводопроницаемыми почвами и выраженным общим уклоном выполняется тракторным плугом. При уклонах поверхности менее 0,005 ширина загонов 10...12 м, а при уклонах более 0,005...24 м (рис. 13.1). На полях с уклонами менее 0,01 узкозагонную вспашку выполняют в направлении естественного уклона, более 0,01 — под углом к уклону.

При такой вспашке образуются свальные и развальные борозды. После ее проведения углубляют разъемные борозды, направленные вдоль уклона поверхности, и поперек их по естественным понижениям через 100...500 м прокладывают временные выводные борозды глубиной до 35 см с выходом в каналы.

Все борозды должны быть прямолинейными и иметь постоянную глубину.

Бороздование применяется при неровном рельефе и может быть систематическим и выборочным. Глубина борозд 25...30 см, расстояния между ними при систематическом их заложении 8...20 м. Выборочное бороздование проводят при наличии замкнутых понижений, борозды нарезают с выходом в осушительный канал.

Бороздование выполняют после вспашки при подъеме зяби или посева сельскохозяйственных культур бороздоделами или однокорпусными плугами.

Гребневание или грядование применяют при возделывании овощных и пропашных культур в условиях Приамурья и Приморья на минеральных почвах, осушаемых закрытым дренажем и сетью открытых каналов.

Гребни нарезают вдоль уклона местности четырехкорпусным плугом, у которого сняты первый и третий корпуса. Высота гребней 13...15 см, расстояние между ними 0,7 м. Вспашку проводят челночным способом или способом «с перекрытием», соблюдая прямолинейность гребней и постоянную

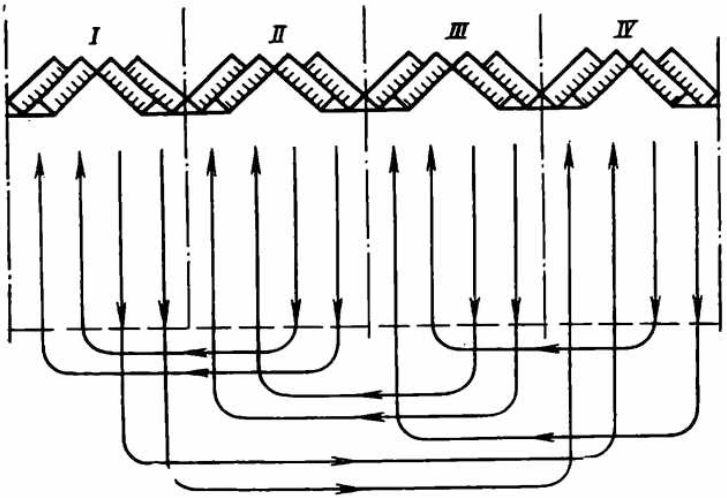


Рис. 13.1. Схема узкозагонной вспашки:
I, II, III, IV — номера загонов.

глубину вспашки. Гряды высотой 30...60 см нарезают грядоделателями после обработки почвы. При уклонах поверхности меньше 0,01 гряды нарезают вдоль уклона, при больших уклонах — под углом к направлению наибольшего уклона. Расстояние между грядами под овощи 0,7...1,4 м, под кукурузу и другие культуры 2,8...3,5 м.

Нарезку гряд проводят челночным способом или способом «с перекрытием», соблюдая прямолинейность гряд, постоянную глубину междугрядных борозд и не допуская завалы на бороздах.

Осушающее действие гребней и гряд не ограничивается ускорением стока по поверхности почвы, они существенно улучшают действие закрытого дренажа в период выпадения интенсивных осадков. Мелиоративное воздействие гребней и гряд определяется увеличением высоты поверхности почвы над уровнем почвенно-грунтовых вод и частичным дренированием пахотного слоя. Эффективность применения гребней и гряд зависит от уклонов поверхности, оптимальные уклоны борозд между ними — 0,005...0,007.

Гребни и гряды нарезают весной при проведении предпосевной обработки и осенью при зяблевой вспашке. После нарезки гряд и гребней прокладывают временные поперечные водоотводящие борозды, впадающие в каналы.

Профилирование поверхности применяют на безуклонных слабоводопроницаемых почвах. Профилированная поверхность создается путем многократного проведения узкозагонной вспашки при неизменном положении свалов или при планировке поверхности, в результате проведения этих работ создается выпуклый двухскатный профиль почвы. Разъемные борозды для отвода воды из понижений следует проводить над линиями регулирующих дрен. При выполнении работ по профилированию поверхности следует максимально сохранять верхний гумусовый горизонт.

Выравнивание поверхности включает засыпку старой открытой осушительной сети, карьеров, ям и рвов, а также понижений рельефа местности с сохранением гумусового слоя. Его осуществляют перед строительством закрытого дренажа для подготовки поверхности почвы к беспрепятственной работе механизмов и качественному строительству осушительной сети. Оно является подготовительным этапом к проведению строительной планировки. Старую осушительную сеть, карьеры, ямы и рвы при перемещении грунта на расстояние до 150 м засыпают бульдозерами, а на расстояние более 150 м — скреперами.

Понижения рельефа местности засыпают скреперами, грейдерами или длиннобазовыми планировщиками.

Планировка может быть строительной, послеосадочной и эксплуатационной. Ее можно проводить различными способами, сохраняя гумусовый слой.

Планировка кулисным способом включает срезку грунта с повышений на половине квадратов 20×20 м десятиметровыми полосами (кулисами) на глубину в 2 раза больше проектной. Срезаемый грунт скреперами перемещают на места насыпей. При этом верхние плодородные слои почвы отсыпают на верхние слои насыпей, а нижние, менее плодородные — на нижние. Оставшийся на второй половине квадратов почвогрунт перемещают бульдозерами в образовавшиеся углубления.

Планировка по полосам с двукратным перемещением верхнего слоя почвы включает разбивку участка на полосы шириной 20 м, перемещение верхнего гумусового слоя почвы бульдозером с четных полос на смежные нечетные полосы, выемку почвогрунта скреперами на четных полосах ниже проектной отметки на глубину гумусового слоя и перемещение его в места насыпей. После этого срезают и возвращают верхний слой почвы с нечетных полос на смежные четные, вынимают почвогрунт на нечетных полосах ниже проектной отметки на глубину гумусового слоя и перемещают его на места насыпей, возвращают верхний слой почвы бульдозером с четных полос на нечетные.

Планировка по полосам с однократным перемещением верхнего слоя почвы предусматривает разбивку мест срезок на полосы шириной 10 или 20 м. Гумусовый слой с первой крайней полосы перемещают к последней полосе, после чего почвогрунт вынимают глубже проектной отметки на толщину предварительно снятого слоя почвы и перемещают его на места насыпей. Со второй полосы верхний гумусовый слой почвы перемещают на первую полосу, дальнейшая работа на этой и последующих полосах аналогична работе на предыдущей полосе. После выемки грунта на последней полосе слой почвы, взятый с первой полосы и сложенный в запас, перемещается и разравнивается на последней полосе бульдозерами.

Планировка с буртованием предусматривает перемещение верхнего гумусового слоя почвы на места нулевых работ или за пределы планируемого участка, складирование его в бурты и возвращение после выполнения планировочных работ на исходное место.

Отделочные планировочные работы выполняют длиннобазовыми планировщиками на относительно ровной площади после проведения грубых планировочных работ. Они включают засыпку понижений глубиной до 25 см и шириной до 20...30 м, микропонижений и окончательную планировку поверхности. Земли, подлежащие планировке, должны быть очищены от пожнивных остатков, сорняков, пней, камней, кустарников и вспаханы. Кроме того, на них должна быть проведена полная разделка пласта. Число проходов планировщика на подготовленных участках зависит от механического состава почв, мощности гумусового горизонта и состояния микрорельефа (табл.

13.1. Число проходов планировщика (по БелНИИМиВХ)

Коэффициент фильтрации почвогрунтов	Мощность гумусового горизонта, см	Степень развития микрорельефа				Эксплуатационная планировка
		слабая		сильная		
		планировка				
		строительная	послеосадочная	строительная	послеосадочная	
Более 0,2 м/сут	Мощность 15	2	—	2	2	2
	15...20	2	—	3	2	2
	Более 20	2	—	4	2	2
Менее 0,2 м/сут	Менее 15	2	2	3	2	2
	15...20	3	2	4	2	2
	Более 20	4	2	5	2	2

13.2. Нормы внесения органических удобрений при планировке с частичной срезкой гумусового горизонта

Мощность гумусового горизонта, см	Допустимая срезка, см	Норма органических удобрений	
		т на 1 см срезки гумуса	т/га
10...15	5...7	10	50...70
15...20	7...10	7	50...70
20...25	10...12	5	50...60
25...30	12...15	3	40...50

13.1). К слабой степени развития микрорельефа относятся площади с числом понижений на 100 га до 20 при их глубине до 25 см, к сильной — с бо́льшим числом понижений.

Планировку рекомендуется проводить по диагонально-перекрестной схеме движения планировщика, а также по челночной или петлевой схеме.

При планировке допустима срезка гумусового горизонта, но при этом необходимо вносить органические удобрения (табл. 13.2).

Послеосадочную планировку проводят через год после строительной планировки.

В состав послеосадочной планировки входят вспашка и разделка пласта, ликвидация просадок, при необходимости бульдозерная планировка на отдельных участках, выравнивание поверхности длиннобазовым планировщиком.

13.2. МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОДПАХОТНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Глубокое рыхление почв улучшает водно-физические свойства почв и перераспределение влаги по почвенному профилю, способствует ее аккумуляции в разрыхленном подпахотном слое, повышает эффективность действия закрытого дренажа по отводу избыточных вод. Его выполняют при строительстве закрытого дренажа и через несколько лет после него. Первое называют строительным, второе — эксплуатационным. В зоне избыточного увлажнения глубокое рыхление следует выполнять на всех минеральных почвах с суглинистым и глинистым механическим составом с коэффициентом фильтрации подпочвенных горизонтов менее 0,1 м/сут. Глубокое рыхление эффективно также на суглинистых грунтах с коэффициентами фильтрации подпахотных горизонтов 0,1...0,3 м/сут, особенно при наличии водопроницаемых прослоев.

Глубокое рыхление не рекомендуется на землях грунтового и грунтово-напорного водного питания, при наличии в зоне рыхления крупных мощных рудяковых или карбонатных горизонтов, на пойменных дерновых зернистых почвах с коэффициентами фильтрации в зоне рыхления более 0,1...0,3 м/сут, песчаных и супесчаных почвах, почвах различного механического состава, с глубины 0,2...0,5 м подстилаемых плотными изверженными или метаморфическими породами.

Основные параметры глубокого рыхления — глубина, интервалы, расстояния между полосами рыхления, направления и полнота рыхления.

Глубина рыхления составляет в основном 0,6...0,8 м, максимальная допустимая глубина должна быть на 0,2...0,3 м меньше минимальной глубины заложения дренажных труб.

Интервалы рыхления назначают, исходя из водно-физических свойств почвы и конструкции рабочих органов рыхлителей с учетом неравномерно-

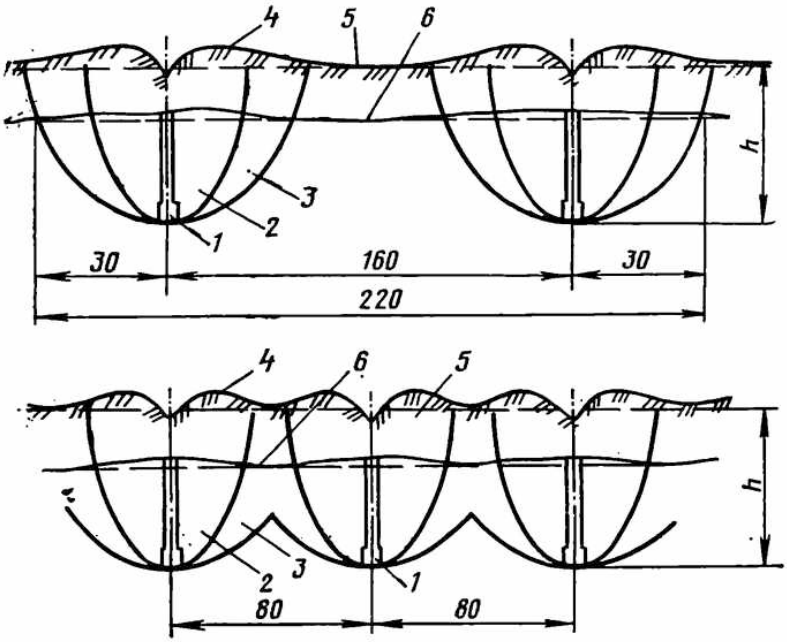


Рис. 13.2. Поперечное сечение почвы при рыхлении ее рыхлителем РУ-65-2,5 с двумя и тремя стойками:

1 — след стойки рыхлителя; *2* и *3* — зоны сплошного и частичного рыхления; *4* — вспученная поверхность почвы; *5* — поверхность почвы до рыхления; *6* — подошва пахотного слоя. (Размеры в см.)

сти разрыхления грунта. Максимальное разрыхление подпочвенных слоев происходит в зоне прохождения стоек рыхлителя, с удалением от рабочего органа сначала наблюдается зона сплошного, далее частичного рыхления (рис. 13.2).

Конструктивные интервалы основных типов рыхлителей (расстояния между рабочими стойками) составляют 80 см, при необходимости они могут быть уменьшены. Сплошное глубокое рыхление выполняют на осушаемых минеральных почвах тяжелого механического состава при уклонах поверхности земли до 0,1...0,03, полосовое рыхление с расстояниями между полосами 1,2...5 м — при уклонах более 0,03.

Глубокое рыхление следует выполнять в направлении, перпендикулярном направлению дрен или близком к нему, при влажности почвы в зоне рыхления 60...80% наименьшей влагоемкости. В полевых условиях влажность почвы определяют путем скатывания почвы в шнур толщиной 0,5 м. Если он распадается на части длиной 1...2 см, то можно приступить к глубокому рыхлению. Наиболее благоприятные периоды для его выполнения лето и осень до начала затяжных дождей.

Полнота рыхления должна составлять 0,4...0,6, чтобы почва быстро не уплотнялась. При такой полноте обеспечивается достаточная аккумулирующая емкость в подпахотных горизонтах и сохраняется полоса неразрыхленного почвогрунта, что улучшает проходимость сельскохозяйственной техники.

Коэффициент полноты определяется по формуле

$$K_{\text{п}} = F_{\text{р}}/(F_{\text{о}} + F_{\text{р}}),$$

где $F_{\text{р}}$ — площадь разрыхляемой зоны; $F_{\text{о}}$ — площадь неразрыхляемой зоны полосы между стойками рыхлителя.

13.3. Техническая характеристика рыхлителей

Показатель	РУ-65-2,5	РК-1,2 (рыхлитель-кротователь)	РНТ-0,8	РГ-0,8А	ВР-80 (вибрационного типа)
Тип машины	Навесная	Навесная	Навесная	Навесная	Навесная
Тяговое усилие (кН) трактора	50...60	60	50...60	60...100	60...100
Ширина захвата, м	2,4...2,5	1,0	1,8...2,4	До 3,5	2,4
Число рыхлящих стоек	2...3	1	1...3	2...3	2
Расстояние между осями лемехов, мм	800, 1 600	—	600, 1 200	940	800
Диаметр дренера, мм	60	90, 200	—	—	—
Габариты, мм:					
длина	2 620	1 860	2 400	10 750	850
ширина	2 000	2 020	1 200	3 780	2 100
высота	2 480	2 900	2 000	3 180	2 080
Производительность, га/ч	0,6	0,25	0,28...1,03	0,55	0,4...0,6
Максимальная глубина рыхления, м	0,65	1,2	0,8	0,5...0,8	0,8
Масса, кг	1 250	1 250	1 100	2 300	1 170

Примечание. Рыхлитель РГ-0,8А имеет V-образный рабочий орган.

Для глубокого рыхления применяют рыхлители пассивного и активного действия. Наиболее распространены рыхлители пассивного действия РУ-65-2,5, РК-1,2, РНТ-0,8, РГ-0,8А и рыхлитель активного действия ВР-80 (табл. 13.3). В производстве применяют и другие менее распространенные конструкции рыхлителей. Марку рыхлителя выбирают в зависимости от наличия соответствующей техники в мелиоративных, строительных и эксплуатационных организациях, а также условий осушаемого объекта, категории почвогрунта и закамненности (табл. 13.4).

Для разрыхления сильно уплотненных почв рыхлителями с пассивными рабочими органами на глубину 60...70 см требуется тяговое усилие до 40 кН на одну рыхлящую стойку. Тракторы класса тяги 6...10 в этих условиях могут выполнять глубокое рыхление не более чем с двумя стойками. Для разрыхления средне уплотненных почв на глубину 60...70 см на одну стойку требуется тяговое усилие до 30 кН. Сплошное рыхление вышеуказанными тракторами на этих почвах можно выполнять рыхлителями с тремя стойками, тракторами К-701 — рыхлителями с двумя стойками.

При проведении сплошного глубокого рыхления в зависимости от типа рыхлителя и конкретных условий применяют челночную, загонную схемы движения агрегатов или схему движения с перекрытиями.

13.4. Условия применения основных марок рыхлителей

Марка рыхлителя	Вид рыхления	Закамненность слоя, м³/га	Марка рыхлителя	Вид рыхления	Закамненность слоя, м³/га
РУ-65-2,5, 2 стойки	Сплошное	25	ВР-80, 2 стойки	Сплошное	10...15
РУ-65-2,5, 3 стойки	Сплошное	25	РГ-0,8А, 3 стойки	Сплошное	10...15
РК-1,2	Полосовое	25...30	РНТ-0,8, 2...3 стойки	Сплошное	10

13.5. Длительность действия строительного сплошного глубокого рыхления

	Почвы	Глубина рыхления, м	Длительность действия, лет
Центр Нечерноземной зоны РСФСР	Тяжелые суглинки	60	3...4
	Средние суглинки	50...60	2...3
Северо-Запад РСФСР	Тяжелые суглинки	45...50	2...4
УССР	Карбонатные	60	3...4
БССР	»	60	3...4

Длительность действия глубокого строительного сплошного рыхления ориентировочно может быть определена по данным таблицы 13.5.

После строительного глубокого рыхления в зависимости от почвенных условий через 2...4 года выполняют эксплуатационное рыхление.

Химические мелиоранты применяют для увеличения прочности разрыхленной структуры тяжелых почв, а также для оструктуривания легких песчаных почв. Созданная глубоким рыхлением или кротованием разрыхленная структура тяжелых почв в зоне избыточного увлажнения сравнительно быстро разрушается, поэтому рыхление необходимо проводить вновь через 3...4 года. Главная задача химических мелиорантов заключается в придании разрыхленной структуре тяжелых почв такой устойчивости, которая способствовала бы глубокому развитию корневой системы растений и тем самым обеспечила бы требуемую водопроницаемость для интенсивного действия дренажа без повторного рыхления в течение 6...8 лет. Основные требования к химическим мелиорантам следующие: образовывать водоустойчивые почвенные агрегаты, способствующие улучшению водопроницаемости и водоаккумуляционной способности почв; наряду с оструктуривающими свойствами служить средством удобрения почв; быть широко доступными и достаточно дешевыми; быть технологичными в отношении внесения их в почву; быть невредными для окружающей среды, в том числе для почвенных и грунтовых вод и подпочвенной микрофауны.

Химическими мелиорантами с целью создания устойчивой структуры обрабатывают тяжелые глинистые и суглинистые почвы с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут, средней плотностью более 1,5 г/см^3. Оструктуривание почвогрунта проводится на глубину до 0,6...0,8 м, причем наибольшая степень оструктуривания должна обеспечиваться на глубине 0,25...0,5 м. Оструктурированию должно подвергаться не менее 20% (по площади) разрыхленной почвы.

К химическим мелиорантам относятся жидкие и порошкообразные удобряющие и оструктуривающие химические вещества (в том числе полимеры).

Наиболее распространенные неорганические оструктуривающие вещества — известь, фосфоритная мука. Эти вещества обычно применяют в виде порошков и вносят в почву как в пахотный слой (поверхностным способом), так и в подпахотный (в сочетании с глубоким рыхлением). Доза внесения порошкообразных известковых материалов в зависимости от кислотности подпахотного слоя составляет 6...10 т/га, фосфоритной муки — 2...3 т/га. Для внесения в подпахотные слои порошкообразных химических мелиорантов может быть использован комплекс механизмов, состоящий из рыхлителя на тракторной тяге и рядом с ним идущей цистерны (цементовоза) с пневматической подачей порошкообразного материала в почву вслед за стойкой рыхлителя.

В качестве жидкого химического мелиоранта можно использовать жидкое комплексное удобрение, представляющее собой водорастворимую нейтральную (pH 6,7) жидкость с плотностью 1,39...1,40 г/см^3, в состав которой входят N — 10% и P_2O_5 — 34%. Рекомендуемая для оструктуривания норма внесения жидкого комплексного удобрения 300...600 кг/га.

В качестве жидких химических мелиорантов могут быть применены поликомплексы, вводимые в почву в виде одного или двух растворов. Применение полимерных химических мелиорантов эффективно только при со-

держании в почве гумуса не менее 2...5%. Поликомплексы не только улучшают водно-физические свойства тяжелых почв, но и удобряют их.

Кротование почв — одно из эффективных мероприятий при мелиорации тяжелых почв. Оно способствует более быстрому отводу избыточных вод с осушаемого участка, более равномерному распределению влаги на осушаемой площади и в почвенном профиле, ускорению наступления весенней спелости почвы, улучшению аэрации пахотных и подпахотных горизонтов. Срок действия кротования 1...3 года.

Кротование почв выполняют как самостоятельную операцию с помощью кротовых орудий или одновременно со вспашкой кротовыми приспособлениями, смонтированными на плуге. Его применяют на глинистых и суглинистых почвах, которые устойчивы к размоканию и на глубине прокладки кротовин содержат не менее 30...35% глинистых частиц при закамненности, не превышающей 0,5%.

Устойчивость грунта для кротовых дрен определяют по формуле

$$\rho \leqslant \beta_1/\beta_2,$$

где β_1 и β_2 — процент фракций диаметром 0,05...0,005 соответственно по микроагрегатному составу (по А. В. Павлову) и по механическому анализу (по Н. А. Качинскому).

Кротовины закладываются как минимум на 20 см ниже пахотного слоя на расстоянии 0,5...1,5 м в зависимости от механического состава почвы, глубины прокладки и конструкции применяемых орудий. Кротование проводится под прямым или близким к нему углом к регулирующим дренам. Как сама кротовина, так и общее разрыхление тяжелых почв и образование трещин способствуют более глубокому распределению влаги в подпочвенном профиле и притоку избыточных вод к дренам. Особенно важно применять кротование в первые годы после строительства дренажа, когда осушительное действие его, особенно на тяжелых почвах, недостаточно.

По способу проведения кротование, как и глубокое рыхление, подразделяют на строительное и эксплуатационное. Строительное кротование осуществляют после завершения строительства дренажа и подготовки поверхности участка. Эксплуатационное кротование проводят землепользователи на старопахотных землях по мере вторичного уплотнения.

Кротование рекомендуется проводить весной под посев поздних овощных культур и картофеля, а также осенью одновременно со вспашкой. Устойчивость кротовин зависит как от механического состава, так и от влажности почвы.

Глубина прокладки кротовин, выполняемых без совмещения со вспашкой, должна быть не менее 50...60 см. Для кротования применяют различные кротователи, которые используют также при прокладке кротового дренажа.

Для совмещения действия рыхления и кротования создан рыхлитель-кротователь РК-1,2. Его монтируют на навесную систему трактора. Рыхление почвы проводится стойкой с лемехом: для образования кротовин служат сменные органы: дренер диаметром 60 и 200 мм, кротователь диаметром 90 мм.

Кротование совместно со вспашкой выполняется кротователем, укрепленным на корпусе плуга. При этом способе кротовины прокладывают на глубине 40...50 см на расстоянии 1...1,5 м одна от другой, диаметр дренера 60 мм. Вспашка плугами с кротователями проводится как обыкновенная вспашка. Дополнительное тяговое усилие, создаваемое кротователем, равно примерно усилию, которое приходится на один корпус плуга.

13.3. ПЕСКОВАНИЕ (ГЛИНОВАНИЕ) ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Пескование (глинование) — способ улучшения водно-физических свойств торфяно-болотных почв путем смешивания их с минеральным грунтом — песком (глиной), что повышает несущую способность торфяной почвы, снижа-

13.6. Влияние пескования (глинования) торфяных почв на их водно-физические свойства

Вариант	Горизонт, см	Средняя плотность, г/см³	Плотность, г/см³	Общая пористость, %	Полная влагоемкость, %
Торфяная почва (контроль)	0...15	0,21	1,54	86,0	400,0
	15...30	0,21	1,51	86,1	410,0
Торфяная почва плюс					
песок 200 м³/га	0...15	0,34	1,71	80,3	238,2
	15...30	0,23	1,55	85,3	375,7
песок 400 м³/га	0...15	0,56	2,00	71,9	128,2
	15...30	0,22	1,56	85,6	380,4
песок 600 м³/га	0...15	0,68	2,26	70,0	103,4
	15...30	0,30	1,60	80,9	265,2
глина 200 м³/га	0...15	0,39	1,88	79,3	203,9
	15...30	0,20	1,52	86,6	436,6

ет опасность возникновения пожаров, появления радиационных заморозков, ветровой эрозии, улучшает водный режим корнеобитаемого слоя (табл. 13.6).

Пескование осуществляется различными методами. Наиболее распространен метод, при котором песок завозят на торфяник, разравнивают по его поверхности бульдозерами, грейдерами планировщиками, а затем дисковыми боронами перемешивают с верхним слоем торфяной почвы (смешанный метод).

Завозить песок лучше поздней осенью, зимой или ранней весной, когда торфяная почва промерзла, а снега на ней нет или незначительное количество. Для хорошо разложившихся торфяников Белоруссии и Прибалтики примерные дозы песка (супеси) составляют 200...300 м³/га, глины — 200...250 м³/га. Для слаборазложившихся торфов количество песка или супеси должно быть увеличено до 400 м³/га. Для условий Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР дозы песка и супеси составляют по 300...400 м³/га, глины — 200...300 м³/га, для Украинской ССР дозы песка (супеси) — 100...150 м³/га.

Рекомендуемую дозу песка (глины) необязательно вносить в один прием. Она может быть внесена частями в течение нескольких лет.

Торфяные почвы, пахотный слой которых обогащен минеральными компонентами, рекомендуется после стерневых предшественников обрабатывать в летне-осенний период дисковыми орудиями по методу полупара (если эти поля не занимаются повторными посевами). Один раз в три-четыре года на глубину пахотного слоя следует проводить безотвальное рыхление плугами со снятыми отвалами.

Применяют также насыпной метод пескования, при котором на поверхность торфяников насыпают песок слоем 10...15 см и не перемешивают его с торфом. При возделывании сельскохозяйственных культур обрабатывают только песчаный слой. Количество вносимого песка 1000...1500 м³/га. Для насыпного пескования пригодны крупнозернистые пески. Мелкозернистые пески затрудняют доступ воздуха и легко сносятся ветром. Покровный материал не должен содержать вредных для растений веществ и семян сорных трав. Покрывать насыпным грунтом можно только хорошо разложившиеся торфяники.

Наиболее перспективным направлением структурной мелиорации мелкозалежных торфяников является пескование методом глубокой вспашки специальными плугами. Проводится с целью коренного преобразования строения почвенного профиля и создания такого, который будет обладать более благоприятными водно-физическими свойствами, и сохранения (физической консервации) торфяной залежи.

Специальными плугами вспашку можно проводить на глубину до 1,5 м. В результате такой вспашки мелкозалежных торфяников горизонтально расположенные слои торфяной залежи поворачиваются на 110...140° и уста-

13.7. Влияние пескования (глинования) на влагозапасы (мм) торфяной почвы

Горизонт почвы, см	Торфяная почва				
	контроль	плюс песок 200 м³/га	плюс песок 400 м³/га	плюс песок 600 м³/га	плюс глина 200 м³/га
0...15	87,1	86,4	74,7	66,1	84,9
15...30	91,6	98,9	97,5	98,6	101,0

навливаются в наклонное положение. Почвенный профиль при этом приобретает слоистое строение: от подошвы плужной борозды до поверхности расположены параллельно чередующиеся и поставленные под углом примерно 45° пласты песка и торфяной залежи. Верхняя часть пластов песка и торфа перемешивается и превращается в новый пахотный слой, с включением в него 5...10% органики (торфа) для супесей и 10...15% для рыхлых песков. Объемное соотношение пластов торфа и песка в подпахотном слое определяется их водопроницаемостью и влагоемкостью. Соотношение пластов торфа к песку в подпахотной части профиля при вспашке торфяников, подстилаемых рыхлыми песками, 3 : 2 : 1, связными песками 2 : 1 : 1, супесями 1 : 1 : 2. Соотношение торфа и песка регулируется изменением глубины вспашки. Создается антропогенная почва, принципиально отличающаяся по своим свойствам и строению профиля от исходного торфяника и обладающая более высоким плодородием.

Торфяная залежь защищена от разрушения ее ветровой эрозией, пожаров, замедляется минерализация торфа, что продлевает долговечность торфяника. Смягчается экстремальность болотного микроклимата и удлиняется продолжительность вегетационного периода для формирования урожая повторных культур, снижается вероятность появления радиационных заморозков, повышается несущая способность почвы. Создается более мощный корнеобитаемый слой, увеличивается водопроницаемость почвенного профиля, вследствие чего лучше и полнее поглощаются осадки. Снижаются потери влаги на непроизводительное испарение. Все это в совокупности улучшает водный баланс почвы (табл. 13.7).

Одним из важных преимуществ маломощного торфяника, на котором проведено пескование, является то, что на него не распространяются ограничения в выборе направления сельскохозяйственного использования, его можно использовать под любую культуру без опасения быстрой сработки торфяной залежи. Кроме того, пескование — мероприятие разовое, не требует своего возобновления, а дополнительные капитальные вложения на его выполнение окупаются в зависимости от возделываемой культуры в течение 0,5...2 лет.

Глава 14. ОГРАДИТЕЛЬНАЯ ОСУШИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ

Оградительная осушительная сеть служит для перехвата избыточных вод, поступающих на осушаемую территорию с прилегающих водосборов, из рек, озер, водохранилищ и морей. К ней относятся нагорные каналы, ловчие каналы, нагорно-ловчие каналы, береговой дренаж, пограничные каналы и дамбы.

Нагорные каналы перехватывают поверхностные, делювиальные воды, стекающие с водосбора на осушаемую площадь во время снеготаяния, дождей и верховодки. Их проектируют в плане по границе осушаемой территории и водосбора. По расположению в плане А. Д. Брудастов разделяет их на непрерывные, прерывистые и Y-образные.

Непрерывные каналы проводят вдоль склона при спокойном рельефе водосбора, если последний распахан и может быть эрозия.

Прерывистые нагорные каналы проводят при сложном рельефе при залесенном или залуженном водосборе.

Каналы *Y*-образные проектируют при изреженном рельефе водосбора, при поступлении сосредоточенных водотоков.

Чтобы предупредить заиление каналов наносами, поступающими вместе с водой, целесообразно вдоль верховой стороны их делать посадки кустарников.

Трасса нагорных каналов в плане должна иметь плановое очертание, а дно — однообразный уклон. Нагорные каналы делают асимметричного трапецеидального очертания — внутренний откос отвечает допустимому заложению, внешний в 2 и более раз положе. Вынутый грунт разравнивают с низовой стороны в виде кавальера, который увеличивает размеры канала.

При водосборной площади канала меньше 300 га канал не рассчитывают, размеры его принимают конструктивно — ширина по дну 0,6 м, глубина 1...1,2 м.

Ловчие каналы перехватывают грунтовые или грунтово-напорные воды, поступающие с водосбора.

При безнапорных грунтовых водах ловчий канал проходит в водоносных грунтах и глубина его определяется необходимой глубиной понижения уровней грунтовых вод.

При напорных водах основной грунтовый поток протекает между слабоводопроницаемыми грунтами, имеет пьезометрический уровень, расположенный выше основания верхнего слоя, или выше осушаемой поверхности. Напорный поток может иметь выходы на поверхность земли в виде родников или поступать по капиллярам и образовывать водонасыщенные топи. Ловчие каналы проводят по местам выходов напорных вод или в зоне наивысших пьезометрических напоров. Ловчий канал должен прорезать верхний водонепроницаемый слой и своим дном врезаться в водоносный пласт.

Ловчие каналы бывают открытые без крепления или с креплением, в виде закрытых горизонтальных дрен или дрен с вертикальными колодцами (скважинами).

Целесообразно вместо открытого ловчего канала и тем более канала с креплением строить закрытую горизонтальную дрену или дрену с вертикальными колодцами (скважинами), которую называют скважиной-усилителем. В этом случае закрытый дренаж называют головным.

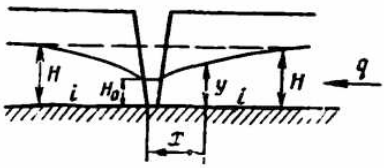


Рис. 14.1. Схема действия ловчего канала при наклонном водоупоре.

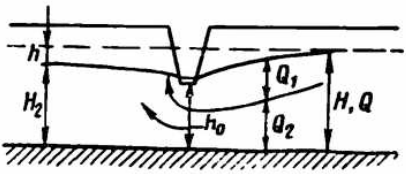


Рис. 14.2. Схема действия ловчего канала, когда дно не доходит до водоупора.

При поступлении на осушаемую территорию поверхностных и грунтовых или грунтово-напорных вод проводят раздельно нагорный канал для перехвата поверхностных вод и ниже него ловчий канал или головную дрену для перехвата и понижения уровня грунтовых и грунтово-напорных вод.

Если прилегающий к ловчему каналу водосбор покрыт кустарником, а поступающие поверхностные воды имеют небольшие расходы и вода не содержит наносов, то нагорный канал совмещают с ловчим: он перехватывает поверхностные и грунтовые воды и называется нагорно-ловчим.

Пограничные каналы служат для ограждения осушаемых земель от потока вод из леса, где обычно задерживаются снеготаяние и сток дождевых вод, хотя рельеф и отметки поверхности могут быть одинаковыми. Пограничные каналы имеют обычно трапецеидальное сечение.

Береговой дренаж применяют для защиты территорий, примыкающих к рекам, озерам, водохранилищам, от фильтрационных вод. Фильтрационные воды могут поступать на прилегающие территории вследствие естественных или искусственно созданных высоких уровней в реках, водохранилищах. Высокие уровни воды в реках (выше прилегающих к ним территорий) неизбежно приводят к фильтрации воды на прилегающие земли и вызывают заболачивание земель. Примером может служить река Риони в Колхидской низменности, русло которой расположено выше прилегающей местности, вследствие отложения наносов, поступающих с водами с гор.

Причинами искусственных высоких уровней воды являются подпоры от гидроэлектростанций, судоходных шлюзов, недостаточной пропускной способности мостов. Площадь подтопления и скорость его распространения зависят от рельефа поверхности, фильтрационной способности грунтов, слагающих прилегающие земли.

Береговой дренаж проектируют в виде открытого канала, закрытой горизонтальной дрены, системы вертикальных скважин, горизонтальной дрены с вертикальными колодцами в зависимости от гидрогеологических условий и использования.

Ловчие, нагорно-ловчие каналы (дрены), береговой дренаж оказывают значительное влияние на прилегающие к ним земли (тем больше, чем положе рельеф и больше водопроницаемость почв). Теорию расчета осушительного действия ловчего канала, дно которого лежит на наклонном водоупоре, при внешнем питании грунтовых вод предложил Н. Н. Павловский (рис. 14.1). Форма кривой депрессии выше канала (по течению потока) определяется уравнением

$$ix = H_0 - y + H \ln \frac{H - H_0}{H - y},$$

ниже канала выражением

$$ix = y - H_0 + H \ln \frac{H + H_0}{H + y},$$

где i — уклон дна водоупора или i_1 и i_2, если разные уклоны; H — толщина потока грунтовых вод при равномерном движении; $H = q/k$ — приток ($м^3$/сут) грунтовых вод на 1 м длины канала с одной из сторон; k — коэффициент фильтрации, м/сут.

Выше канала наблюдается кривая спада при прямом уклоне дна водоупора, ниже канала — кривая подпора при обратном уклоне. Поверхность грунтовых вод может быть определена по данным изысканий как и поверхность водоупора. Формула может применяться для напорного и свободного потока.

Когда дно ловчего канала не доходит до водоупора (рис. 14.2), то расчет ведут по способу Гопера и Треффтца. Между расходами Q_1, поступающим в канал, Q_2, протекающим под каналом, глубиной потока H выше канала, соответствующей расходу $Q = Q_1 + Q_2$ и глубиной $H_2 = H - h$ ниже канала имеется соотношение

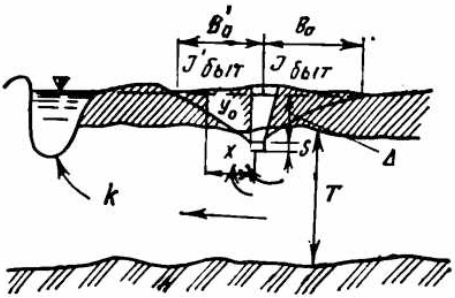


Рис. 14.3. Схема действия ловчего канала по С. Ф. Аверьянову.

$$\frac{Q}{Q - Q_1} = \frac{H}{H_1 - h_0}; \qquad h = H - H_2; \qquad \frac{Q}{Q_2} = \frac{H}{H_2}.$$

Для случая глубокого положения водоупора и установившегося потока имеется формула В. И. Аравина, не учитывающая испарение и осадки:

$$x = q\left(\operatorname{ch}\frac{\pi y}{2q} - 1\right); \qquad y = \frac{2q}{\pi}\operatorname{arch}\left(\frac{x}{q} - 1\right); \qquad q = \frac{Q_1}{k},$$

где x, y — координаты кривой депрессии; ch — гиперболический косинус; k — коэффициент фильтрации; q — расход грунтового потока на 1 м его ширины.

Изменение положения уровня грунтовых вод А. Д. Брудастов рекомендует учитывать путем составления уравнения водного баланса для полосы шириной 1 м:

$$OL + Q_2T = LUT + LH_2,$$

где O — выпавшие осадки за время T; L — длина полосы между магистральным и ловчим каналом; Q_2 — расход, проходящий под ловчим каналом; T — число суток за рассматриваемый период; U — испарение за время T; H_2 — изменение уровня грунтовых вод;

$$H_2 = \frac{OL + Q_2T - LUT}{L}.$$

Эту поправку прибавляют к уравнению В. И. Аравина, или отнимают от него.

Ловчий канал при положении дна его выше водоупора перехватывает только часть потока, а остальная часть поступает на нижерасположенную территорию.

Расчет ловчих каналов и головных дрен по способу С. Ф. Аверьянова состоит в том, что по известному исходному положению уровня грунтовых вод или пьезометрическому уровню находят положение их при действии ловчего канала и определяют дальность осушительного действия.

Дальность действия ловчего канала определяют выше него (B_0) и ниже (B'_0).

Для притока грунтовых вод выше канала

$$B_0 = 1{,}5\sqrt{L\Delta/I_{быт}},$$

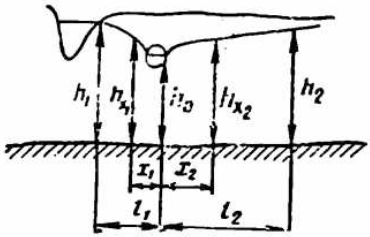


Рис. 14.4. Схема действия ловчего канала по Дюпюи.

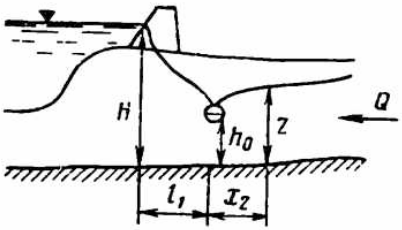


Рис. 14.5. Схема действия берегового дренажа по С. Ф. Аверьянову.

ниже канала

$$B_0' = 1{,}5\sqrt{L\Delta/I'_{быт}},$$

или приближенно

$$B_0' = \frac{1}{2}\,\frac{\Delta}{I'_{быт}},$$

где $I_{быт}$, $I'_{быт}$ — уклон грунтовых вод выше и ниже канала; L — длина канала; Δ — расстояние от исходного положения кривой депрессии до уровня воды в канале.

Ординаты кривой депрессии выше канала $y_0=\Delta\left(1-\frac{x}{B_0}\right)$ и ниже канала $y'_0=\Delta\left(1-\frac{x}{B'_0}\right)$.

Этот способ расчета применим для ловчих каналов и глубоких дренажей в потоке любой мощности и в потоке со свободной поверхностью грунтовых вод при конечном залегании водоупора (при $T/\Delta>5$ с ошибкой 10% и для $T/\Delta>2$ с ошибкой 25%), где T — глубина залегания водоупора от неподвижной поверхности грунтовых вод; Δ — искусственное понижение (рис. 14.3).

Береговой дренаж рассчитывают по формулам Дюпюи:

расход дрены (рис. 14.4)

$$Q = q_1 + q_2 = \frac{(h_1^2 - h_0^2)\,k}{2l_1} + \frac{(h_2^2 - h_0^2)\,k}{2l_2},$$

поверхность грунтовых вод

$$h_{x_1} = \sqrt{\frac{x_1}{l_1}(h_1^2 - h_0^2) + h_0^2}; \qquad h_{x_2} = \sqrt{\frac{x_1}{l_2}(h_2^2 - h_0^2) + h_0^2},$$

где q_1 и q_2 — расходы, поступающие из водохранилища и с водосбора; k — коэффициент фильтрации; h_0 — глубина воды в дрене или канале; h_1 и h_2 — напор воды в реке и грунтового потока (наибольший); l_1 — расстояние от поверхности до дрены; l_2 — расстояние от дрены до наибольшего напора.

Поверхность грунтовых вод при заданном расходе грунтового потока со стороны водосбора определяется выражением

$$h_x = \sqrt{\frac{2qx}{k} + h_0^2},$$

где q — бытовой приток грунтовых вод с водосбора; x — расстояние от дрены до рассматриваемого сечения.

При расположении дрены выше водоупора напоры отсчитываются от водоупора.

С. Ф. Аверьяновым рассмотрены два случая работы берегового дренажа (рис. 14.5): водоприемник прорезает водоносный пласт; водоприемник располагается в водоносном слое. Расход ($м^3$/сут на 1 м дрены) береговой дрены состоит из суммарного расхода воды из реки и с осушаемой территории и определяется по формуле Дюпюи с введением в нее коэффициента α:

$$Q_0 = \frac{2\alpha_1}{1+\alpha_1}[Q_2 + Q_1] = \frac{2\alpha_1}{1+\alpha_1}\left[Q_2 + \frac{kT_1(H-h_0)}{L}\right].$$

Ординаты кривой депрессии определяют по зависимостям

$$z = h_0 + \frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1}(H-h_0) + \frac{1+\frac{\alpha_1}{\alpha_x}}{1+\alpha_1}\frac{Q_2 x}{kT_2},$$

$$T_1 = \frac{H+h_0}{2}, \qquad T_2 = \frac{z+h_0}{2},$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{1+\frac{h_0 A}{L_1}}, \qquad \alpha_x = \frac{1}{1+\frac{h_0 A}{x}},$$

$$A = 1{,}47 \lg \frac{1}{\sin\frac{\pi d}{2h_0}}.$$

При отсутствии притока воды с водосбора

$$z = h_0 + \frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1}(H-h_0).$$

При применении ловчих каналов, головных и береговых дренажей для перехвата и понижения уровня напорных вод необходимо рассчитать зону их осушительного действия до требуемой нормы и вне этой зоны не проектировать дополнительной регулирующей осушительной сети, во избежание переосушки и лишних затрат на строительство сети.

Глава 15. ОТКРЫТАЯ И ЗАКРЫТАЯ ПРОВОДЯЩАЯ СЕТЬ И ЕЕ РАСЧЕТЫ

15.1. ТРАССИРОВКА ОТКРЫТОЙ ПРОВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Проводящая сеть (магистральные каналы, транспортирующие собиратели различного порядка, открытые или закрытые коллекторы) предназначена для приема воды из регулирующей и оградительной сетей и отвода ее в водоприемник.

В период дефицита влаги эту сеть можно использовать для подачи воды на увлажнение. Магистральные каналы впадают непосредственно в водоприемник. Проводящие каналы при осушении минеральных земель трассируют, как правило, по наиболее низким элементам рельефа, а при осушении болот — по самым глубоким местам залегания торфа и понижениям минерального дна. При этом по возможности совмещают трассы каналов с границами землепользователей и севооборотов, а также учитывают расположение инженерных коммуникаций и сооружений (дорог, трубопроводов, мостов и т. д.), пересечения с которыми должны осуществляться под прямым или близким к нему углом. Число таких пересечений должно быть минимальным. В поймах рек трассы магистральных каналов должны примерно совпадать с направлением движения весеннего паводка. Оси проводящих каналов следует смещать не менее чем на 50 м от производственных и хозяйственных объектов и не менее чем на 150 м от нефтяных баз, механических мастерских, гаражей, складов удобрений и т. п.

При осушении равнинных массивов следует по возможности обеспечивать двухсторонний впуск коллекторов и соблюдать прямолинейность и параллельность трасс каналов и коллекторов, сопрягая принимающие и впадающие каналы под прямым или близким к нему углом с закруглением (рис. 15.1). При этом угол φ слияния потоков должен быть не более 30° (для уменьшения подпоров и размыва берегов). В случае, если топографические условия объекта не позволяют избежать впадения канала на изгибе потока, то узел слияния лучше всего проектировать в первой трети изгиба со стороны вогнутого берега (рис. 15.2).

Для гидравлически нерассчитываемых каналов радиус закругления русла на поворотах принимают $r \geqslant 2{,}5\ B$, а для гидравлически рассчитываемых при максимальных расходах $Q_{max} \leqslant 5$ м³/с $r \geqslant 5B$, а при $Q_{max} \geqslant 5$ м³/с радиус приближенно определяют по нижеприведенным формулам А. Ф. Печкурова соответственно из условий продольной и поперечной устойчивости русла на повороте.

Если размывающее действие $T_p = \gamma_o R_o I_o$ потока на прямолинейном участке русла меньше сопротивления $T_c = \gamma_1 d + C_p$ грунта размыву, то есть $T_p < T_c$, то минимально допустимый радиус r, при котором русло на повороте не подвергается размыву, определяют по формуле

$$r = 0{,}23 \sqrt[3]{B \left(\frac{v^2}{\frac{d + C_p'}{R} - I} \right)^2} - B, \qquad (15.1)$$

где $C'_p = C_p/\gamma_o$.

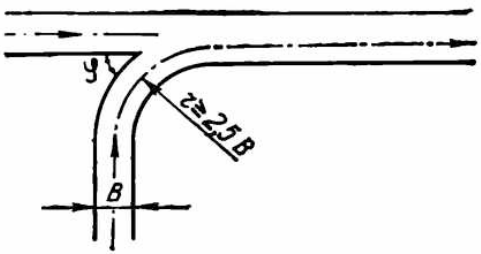


Рис. 15.1. Схема сопряжения проводящих каналов.

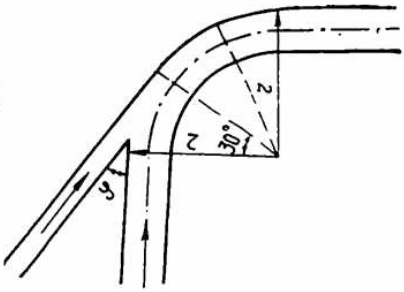


Рис. 15.2. Схема соединения потоков на изгибе принимающего русла.

Если на прямолинейном участке $T_р \geqslant T_о$, то радиус r закругления русла без крепления можно определить, допуская некоторый размыв русла, по формуле

$$r = R \sqrt[3]{\frac{0{,}5B}{\left(\frac{gn^2}{\alpha}\,\frac{\omega R^{1,5}}{\omega_о R_о^{1,5}} - 1\right)^2}}. \qquad (15.2)$$

Задаваясь по условиям практического использования каналов размывом русла на закруглении, равном 15% размеров на прямолинейном участке, то есть $R/R_о = 1{,}15$, приближенное значение r можно определить по формуле

$$r = 50R \sqrt[3]{0{,}5B}. \qquad (15.3)$$

При проектировании проводящих каналов чаще всего предусматривают равновесие размывающего действия и сил сопротивления, то есть $T_р = T_о$, и поэтому практически из условия продольной устойчивости русла на повороте радиус определяют обычно по формуле (15.2) или приближенно по зависимости (15.3).

Устойчивость русла на повороте под действием скоростей, создаваемых поперечным уклоном (поперечная устойчивость русла), определяют приближенно по формуле

$$r = 100R^{1,5}. \qquad (15.4)$$

В формулах (15.1...15.4) приняты следующие условные обозначения:

$R_о$ — гидравлический радиус на прямолинейном участке русла, м;
B, R — ширина русла поверху и гидравлический радиус на закруглении, м;
$\omega_о$, ω — площадь поперечного сечения соответственно на прямолинейном участке и на повороте, м²;
$\gamma_о$ — плотность воды, кг/м³;
$I_о$, I — средний уклон паводкового потока соответственно на прямолинейном участке и на закруглении;
v — средняя скорость течения воды, м/с;
d — расчетный диаметр зерен грунта, принимаемый равным диаметру крупной фракции d_{85}, меньше которого в механическом составе содержится частиц 85% по массе, м;
$C_р$ — расчетное сцепление грунта при разрыве в воде (ГПа), (см. раздел 17.1);
g — ускорение свободного падения, $g = 9{,}81$ м/с²;
n — коэффициент шероховатости русла;
α — коэффициент неравномерности движения воды в русле, $\alpha = 1{,}1$.

Если из-за топографических условий нельзя принять расчетный радиус закругления, то его уменьшают. При этом следует предусматривать крепление русла на повороте. Радиус закругления русл с креплениями назначают из условия безотжимного плавного течения воды на повороте: $r \geqslant 2{,}5\ B$.

15.2. ПРАВИЛА СОПРЯЖЕНИЯ КАНАЛОВ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Уклоны дна проводящих каналов проектируют с таким расчетом, чтобы скорость течения не уменьшалась (а лучше возрастала) от истока к устью. Уклон дна должен по возможности соответствовать уклону поверхности земли и быть не менее 0,0002 для магистральных каналов и 0,0003 для других проводящих каналов. При осушении безуклонных территорий допускается принимать уклон проводящих каналов 0,00015. Верхним пределом уклона для незакрепленного канала является максимально допустимый на размыв (см. раздел 17.2).

Вертикальное сопряжение проводящей сети осуществляют таким образом, чтобы обеспечить бесподпорное движение воды во всех ее элементах и чтобы продолжительность паводкового затопления осушаемых земель не превышала допустимые сроки.

Проводящие каналы между собой и с водоприемниками сопрягаются по следующему правилу:

расчетные бытовые уровни воды в гидравлически рассчитываемых каналах должны совпадать, то есть их сопрягают по правилу «уровень в уровень»;

при впадении гидравлически нерассчитываемого канала в рассчитываемый дно впадающего канала должно совпадать с бытовым уровнем в принимающем канале (допускается заглубление дна впадающего канала под меженный уровень принимающего не более чем на 0,1 м), то есть их сопрягают по правилу «дно в уровень»;

если оба канала гидравлически нерассчитываемые, то глубину принимающего канала назначают на 0,1...0,2 м больше впадающего (мелкие каналы иногда сопрягают непосредственно «дно в дно»);

закрытые коллекторы сопрягают с проводящим каналом таким образом, чтобы запас между нижней поверхностью коллекторной трубы и бытовым уровнем воды в канале составлял не менее 0,2...0,4 м; если канал не рассчитывают и уровень воды в нем не известен, то запас от дна должен быть не менее 0,4 м.

15.1. Подпор Δh (м) при соединении потоков под углом $\varphi = 30°$

$Q_п$, м³/с	$m=1{,}5$			$m=2{,}0$			$m=2{,}5$			$m=3{,}0$		
	$Q_в/Q_п$			$Q_в/Q_п$			$Q_в/Q_п$			$Q_в/Q_п$		
	0,2	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0
						$I=0{,}0005$						
5	0,04	0,10	0,14	0,02	0,05	0,09	0,02	0,05	0,08	0,02	0,04	0,06
10	0,06	0,11	0,18	0,04	0,09	0,13	0,03	0,06	0,10	0,03	0,06	0,09
15	0,06	0,12	0,20	0,04	0,10	0,15	0,04	0,09	0,14	0,04	0,08	0,10
20	0,07	0,14	0,27	0,07	0,11	0,19	0,06	0,11	0,14	0,05	0,08	0,12
						$I=0{,}00015$						
5	0,03	0,09	0,12	0,02	0,05	0,08	0,02	0,04	0,06	0,01	0,03	0,05
10	0,04	0,08	0,16	0,02	0,05	0,10	0,02	0,05	0,08	0,01	0,03	0,05
15	0,05	0,11	0,20	0,04	0,09	0,13	0,02	0,05	0,08	0,02	0,05	0,08
20	0,05	0,13	0,19	0,04	0,08	0,14	0,03	0,06	0,11	0.03	0,06	0,08

В предпосевной и летне-осенний паводковый периоды уровни воды в магистральном канале должны быть как минимум на 0,3...0,5 м ниже бровок канала.

При осушении безуклонных территорий и необходимости уменьшения глубины каналов может быть использован дренаж с постоянно затопленными устьями. В таком дренаже коллекторы выводятся на 0,2...0,4 м ниже дна канала и сопрягаются с уровнем воды в нем через вертикальные оголовки.

Глубину h наполнения сопрягающихся каналов перед их соединением назначают с учетом подпора (потерь напора) Δh, возникающего при слиянии потоков, то есть $h=h_б+\Delta h$ ($h_б$ — нормальная, или бытовая, глубина потока ниже узла слияния, вычисляемая по уравнению равномерного движения воды). Подбор Δh определяют в соответствии с рекомендациями БелНИИМиВХ. При соединении каналов трапецеидального гидравлически наивыгоднейшего профиля значения Δh для рекомендуемого угла $\varphi=30°$ соединения потоков в зависимости от расчетных расходов $Q_п$ и $Q_в$ соответственно в принимающем и впадающем каналах, коэффициента заложения откоса m и уклона I можно определить по таблице 15.1.

При увеличении угла φ до 90° подпор Δh увеличивается по сравнению с приведенными в таблице 15.1 значениями в среднем на 15...30%.

15.3. КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ ПРОВОДЯЩИХ КАНАЛОВ

Форму поперечного сечения каналов выбирают (см. раздел 17.2) в зависимости от вида грунта, глубины русла H, максимального расчетного расхода Q (табл. 15.2).

Коэффициент m заложения откоса определяют расчетом из условия устойчивости (см. раздел 17.2) и сравнивают затем со значениями, приведенными в таблице 15.3 (составлена исходя из указаний СНиП II-52—74, ОСТ 33-23—79 и опыта эксплуатации осушительных каналов). Если расчетное значение больше табличного, то принимают его равным или меньшим значению, приведенному в таблице 15.3, но при этом для обеспечения устойчивости откосы крепят. Если расчетное значение меньше или равно табличному, то принимают расчетное значение m без крепления откоса.

Параметр параболы p устойчивого русла определяют расчетом согласно разделу 17.2 или для несвязных грунтов — приближенно по таблице 15.4.

Гидравлический расчет каналов состоит в определении пропускной способности русла и допустимых на размыв скоростей и уклонов и проводится для следующих створов: устье канала; выше и ниже впадения каждого канала, для которого делают гидравлический расчет; при изменении уклонов (для обоих уклонов); на участках с постоянными уклонами при изменении площади водосбора более чем на 20%; при изменении грунтовых условий на трассе канала.

Если водосборные площади $F_в$ составляют менее 500 га и при этом расчетный максимальный модуль стока не превышает 2 л/с с 1 га, то поперечные сечения проводящих каналов допускается принимать конструктивно из условия сопряжения впадающих каналов и характера грунтов. В этом случае ширину по дну обычно принимают 0,4...0,6 м, а коэффициент заложения откосов — по таблице 15.3, который затем проверяют на устойчивость к фильтрационному давлению (см. раздел 17.2).

Для расчета каналов необходимы следующие основные данные: Q — расчетный расход (м³/с) (устанавливают на основании гидрологических расчетов); I — уклон дна канала (определяют на расчетном участке по продольному профилю канала в соответствии с топографическими и инженерно-геологическими условиями); H — глубина (м) русла (устанавливают, исходя из характера сельскохозяйственного использования земель и требований сопряжения сети в вертикальной плоскости); m — коэффициент заложения откосов (находят по таблице 15.3 и по расчету); n — коэффициент шероховатости (принимают по данным изысканий по каналам-аналогам или при-

15.2. Выбор формы поперечного сечения каналов

Грунты	Q, м³/с	H, м	Поперечное сечение
Пески и супеси любого гранулометрического состава, торф со степенью разложения $\geqslant 50\%$	>10	$\leqslant 2,5$	Трапеция
Связные грунты (глины, суглинки, торф со степенью разложения $<50\%$), песчаные грунты с наличием крупнозернистой фракции $d \geqslant 1...2$ мм не менее 15% по массе	$\leqslant 25$	$\leqslant 3,5$	»
Песчаные мелкозернистые и среднезернистые грунты, в которых фракция $d \geqslant 1...2$ мм в количестве 15% не содержится; торф со степенью разложения $\geqslant 50\%$	10...25	$<2,0$	»
Те же	10...25	$\geqslant 2,0$	Парабола
Песчаные (с наличием крупнозернистой фракции) и глинистые грунты, торф со степенью разложения $<50\%$	10...25	$\geqslant 3,5$	Сложно-составное (с бермой)
Песчаные и супесчаные грунты, легкие суглинки, торф со степенью разложения $\geqslant 50\%$	>25	$\geqslant 2,0$	Парабола с донной вставкой
Глины, средние и тяжелые суглинки, торф со степенью разложения $<50\%$	>25	$\geqslant 2,0$	Парабола или косинусоида
Слоистые грунты (торф, глины, суглинки, подстилаемые среднезернистыми и крупнозернистыми песками, супесями)	<25	$>1,5$	Полигональное
Слоистые грунты (торф, глины, суглинки, подстилаемые мелкозернистыми и пылеватыми песками)	<25	$>1,5$	Комбинированное (нижняя часть на 0,2 м выше залегания неустойчивых грунтов — парабола, верхняя — трапеция)

Примечания. 1. Слоистость грунтов не учитывается, если мощность вышележащего слоя составляет менее 25% общей глубины H русла и при $H<1,5$ м. 2. Если коэффициент заложения откоса m или параметр параболы p назначают по наиболее неустойчивому грунту, то сечение можно принимать однообразным по всей высоте (без учета слоистости грунта).

15.3. Коэффициент m заложения откосов проводящих каналов

Грунты	Глубина русла H, м		
	$<1,5$	1,5...2,5	$>2,5$
Крупные гравелистые пески	1,25	1,5	1,75
Мелкие и средние пески, пылеватые супеси	2,0	2,5	3,0
Мелкозернистые пылеватые пески	2,5	3,0	3,5
Средние и тяжелые глины и суглинки	1,0	1,25	1,5
Легкие суглинки, супеси	1,5	1,75	2,25
Торф со степенью разложения:			
$<50\%$	2,0	1,25	1,75
$\geqslant 50\%$	1,25	1,50	2,0

Примечание. Если откосы сложены двухслойными грунтами, то при мощности верхнего слоя $h_1<0,25H$ (H — глубина русла) коэффициент m назначают по грунту нижнего слоя, а при $h_1>0,25H$ определяют m отдельно для нижнего и верхнего слоев и проектируют полигональное сечение или принимают одинаковый по всей высоте коэффициент m по менее устойчивому грунту.

15.4. Параметр параболы p устойчивого русла для несвязных грунтов

Коэффициент внутреннего трения грунта в воде f	Глубина русла H, м					
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
0,4	12,5	18,8	25	31,2	37,5	43,8
0,5	8,0	12,0	16	20	24	27
0,6	5,6	8,3	11,2	13,9	16,7	19,4
0,7	4,1	6,1	8,2	10,2	12,2	14,3

15.5. Коэффициент n шероховатости проводящих каналов, работающих в нормальных условиях эксплуатации (по БелНИИМиВХ с учетом СНиП II-52—74)

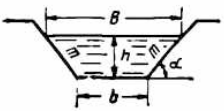
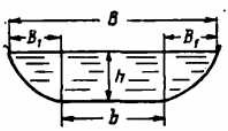
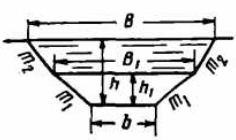
Характеристика каналов	Расход	
	весеннего половодья и предпосевной	летне-осеннего паводка и меженный
$Q \geqslant 25$ м³/с:		
в песчаных грунтах	0,025	0,028
в глинистых »	0,022	0,026
в торфяных »	0,024	0,030
в гравийно-галечниковых »	0,027	0,028
$Q < 25$ м³/с:		
в песчаных грунтах	0,026	0,032
в глинистых »	0,024	0,029
в торфяных »	0,026	0,033
в гравийно-галечниковых »	0,028	0,032

Примечания. 1. Если в двухслойных грунтах мощность h_1 верхнего слоя не превышает 25% расчетной глубины h наполнения канала, то есть $h_1 < 0{,}25h$, то в расчет принимается только нижний слой грунта; при $h_1 > 0{,}25h$ расчетное осредненное значение $n_р$ определяют с учетом вида грунтов верхнего и нижнего слев. 2. Для земляных каналов, выполненных взрывным способом, коэффициент n увеличивают на 10—20% в зависимости от размеров принимаемой доработки сечений канала.

15.6. Коэффициент шероховатости креплений каналов

Тип крепления	Коэффициент n
Бетонная облицовка с хорошо отделанной поверхностью	0,012...0,014
Железобетонные сборные плиты и лотки	0,013...0,015
Бетонная облицовка с грубо отделанной поверхностью, плиты и блоки из пористого бетона	0,015...0,018
Булыжная мостовая	0,02...0,025
Покрытие из асфальтобитумных материалов	0,013...0,016
Одерновка, залужение (в нормальных условиях эксплуатации)	0,030...0,035
Пригрузка (наброска) из гравия и щебня	0,025...0,032
Наброска из камня	0,030...0,035
Фашины, хворостяные канаты и плетневые стенки, тюфяки	0,027...0,034
Крепления из синтетических и стекловолокнистых материалов	0,012...0,017

15.7. Формулы для определения гидравлических элементов поперечного сечения каналов

Поперечное сечение	Площадь ω, м²	Смоченный периметр χ, м
Трапеция		
	$\omega = (b + mh)\,h$	$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$
Парабола		
	$\omega = \frac{2}{3}Bh$	$\chi = i'\left[\sqrt{\frac{2h}{p}\left(1 + \frac{2h}{p}\right)} + \ln\left(\sqrt{\frac{2h}{p}} + \sqrt{1 + \frac{2h}{p}}\right)\right]$
Парабола с донной вставкой		
	$\omega = \left(\frac{4}{3}B_1 + b\right)h$	$\chi = \chi_п + b$
Полигональное		
	$\omega = h_1(b + m_1h_1) + (h - h_1)[B_1 + m_2(h - h_1)]$	$\chi = b + 2h_1\sqrt{1 + m_1^2} + 2(h - h_1)\sqrt{1 + m_2^2}$
Комбинированное		
	$\omega = \frac{2}{3}B_п h_п + [B_п + m(h - h_п)] \times (h - h_п)$	$\chi = \chi_п + 2(h - h_п)\sqrt{1 + m^2}$

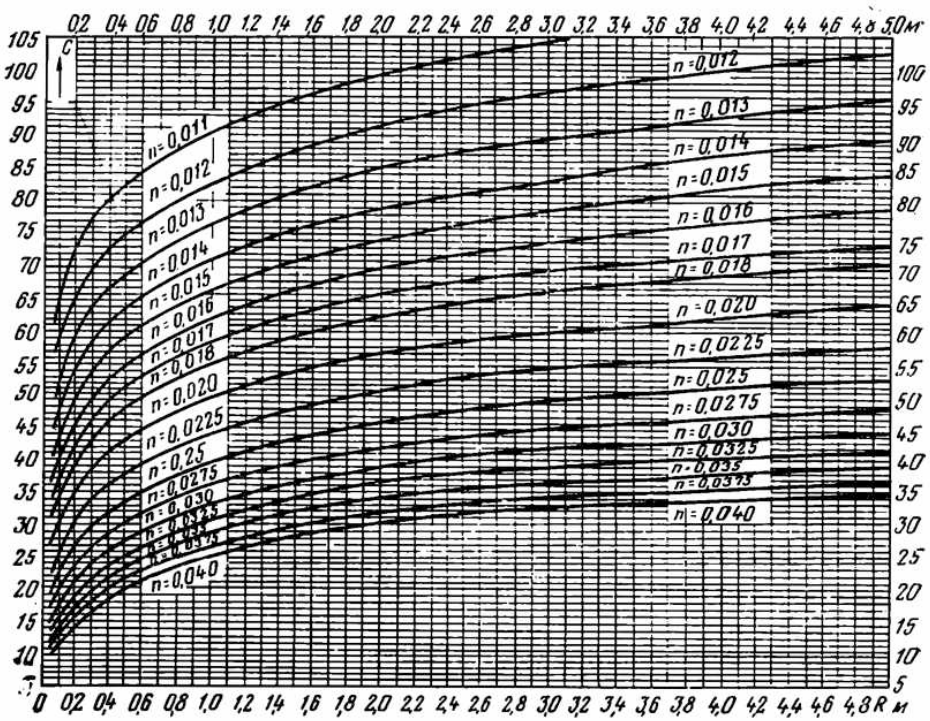


Рис. 15.3. График для определения скоростного коэффициента по формуле Н. Н. Павловского.

ближенно по таблицам 15.5 и 15.6); физические и физико-механические характеристики грунтов (определяют по данным изысканий трасс каналов, лабораторных и полевых испытаний).

Пропускную способность русл проводящих каналов рассчитывают по формулам равномерного движения воды:

$$v = C\sqrt{RI} \quad \text{и} \quad Q = \omega C\sqrt{RI}, \tag{15.5}$$

где v — средняя скорость потока, м/с; R — гидравлический радиус, м; $R=\omega/\chi$; χ — смоченный периметр живого сечения, м; I — гидравлический уклон, при равномерном движении жидкости равен уклону дна русла; ω — площадь живого сечения, м²; C — скоростной коэффициент, $м^{0,5}/с$.

Гидравлические элементы ω и χ для основных форм поперечного профиля каналов определяют по формулам, приведенным в таблице 15.7.

Скоростной коэффициент вычисляют по формуле Н. Н. Павловского (при $R=0,1...3,0$ м и $n=0,011...0,04$):

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad \text{где} \quad y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0.10). \tag{15.6}$$

В упрощенной форме (погрешность до 2...3%) $y=1,5\sqrt{n}$ при $R<1$ м и $y=1,3\sqrt{n}$ при $R>1$ м.

Для практических расчетов C можно определять по графику (рис. 15.3).

15.8. Скоростной коэффициент C по формуле Г. В. Железнякова

R, м	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,08	0,1	0,2
0,5	94,0	61,2	44,9	35,3	28,9	21,1	16,5	9,73	7,54	3,29
1,0	100	66,7	50,0	40,0	33,3	25,0	20,0	12,5	10,0	5,0
1,6	104	70,5	53,6	43,4	36,5	27,9	22,7	14,8	12,1	6,55
2,0	106	72,4	55,4	45,1	38,1	29,4	24,1	16,0	13,2	7,43
2,5	108	74,3	57,1	46,8	39,8	31,0	25,6	17,2	14,4	8,41
3,0	110	75,8	58,6	48,2	41,1	32,2	26,8	18,3	15,4	9,28
3,5	111	77,1	59,9	49,4	42,3	33,3	27,8	19,3	16,3	10,1
4,0	112	78,3	61,0	50,5	43,3	34,3	28,8	20,2	17,1	10,8
4,5	113	79,3	61,9	51,4	44,2	35,2	29,6	20,9	17,9	11,5
5,0	114	80,2	62,8	52,2	45,1	36,0	30,4	21,6	18,6	12,0
5,5	115	81,0	63,6	53,0	45,8	36,7	31,1	22,3	19,2	12,7
6,0	116	81,8	64,4	53,7	46,5	37,4	31,7	22,9	19,8	13,2
6,5	117	82,5	65,0	54,4	47,2	38,0	32,3	23,5	20,4	13,8
7,0	117	83,1	65,9	55,0	47,8	38,6	32,9	24,0	21,0	14,2

При $R>3$ м C можно рассчитывать по формуле Г. В. Железнякова:

$$C=\frac{1}{2}\left[\frac{1}{n}-\frac{\sqrt{g}}{0,13}(1-\lg R)\right]+$$

$$+\sqrt{\frac{1}{4}\left[\frac{1}{n}-\frac{\sqrt{g}}{0,13}(1-\lg R)\right]^2+\frac{\sqrt{g}}{0,13}\left(\frac{1}{n}+\sqrt{g}\lg R\right)}. \quad (15.7)$$

Значения C по формуле (15.7) приведены в таблице 15.8.

При неоднородной шероховатости русла (разные материалы креплений, различие в грунтах, частичное крепление русла) расчетный (приведенный) коэффициент шероховатости $n_р$ определяют по формуле Н. Н. Павловского:

$$n_р=\sqrt{\frac{\chi_1 n_1^2+\chi_2 n_2^2+\ldots+\chi_n n_n^2}{\chi_1+\chi_2+\ldots+\chi_n}}, \quad (15.8)$$

где $\chi_1, \chi_2, \ldots, \chi_n$ — длина расчетных участков смоченного периметра с однородной шероховатостью, м; $n_1, n_2, \ldots, n_n$ — коэффициенты шероховатости на соответствующих расчетных участках смоченного периметра.

При расчете пропускной способности русла могут решаться два основных типа задач: прямые задачи, в которых требуется определить расход воды, пропускаемой руслом с заданными его размерами, уклоном и шероховатостью, и обратные, когда по заданному расходу и другим параметрам потока необходимо найти размеры (или один из них) поперечного сечения русла, способного пропустить заданный расход. Прямые задачи решаются непосредственно, в явном виде, а обратные — путем подбора. При расчете проводящих каналов в зависимости от условий проектирования могут ставиться задачи обоих указанных типов. Однако чаще решают задачи второго типа, когда параметры русла подбирают путем сравнения текущих модулей расхода $K=\omega C\sqrt{R}$ с требуемым модулем заданного расхода $K_0=Q/\sqrt{I}$.

При гидравлическом расчете канала следует стремиться проектировать сечение русла гидравлически наивыгоднейшего профиля, который характеризуется максимально возможной средней скоростью v, а следовательно, и минимальной площадью живого сечения.

При трапецеидальном сечении для гидравлически наивыгоднейшего профиля должно соблюдаться следующее соотношение между шириной по дну b и глубиной h:

$$\beta_{г.н.}=(b/h)_{г.н.}=2\left(\sqrt{1+m^2}-m\right). \quad (15.9)$$

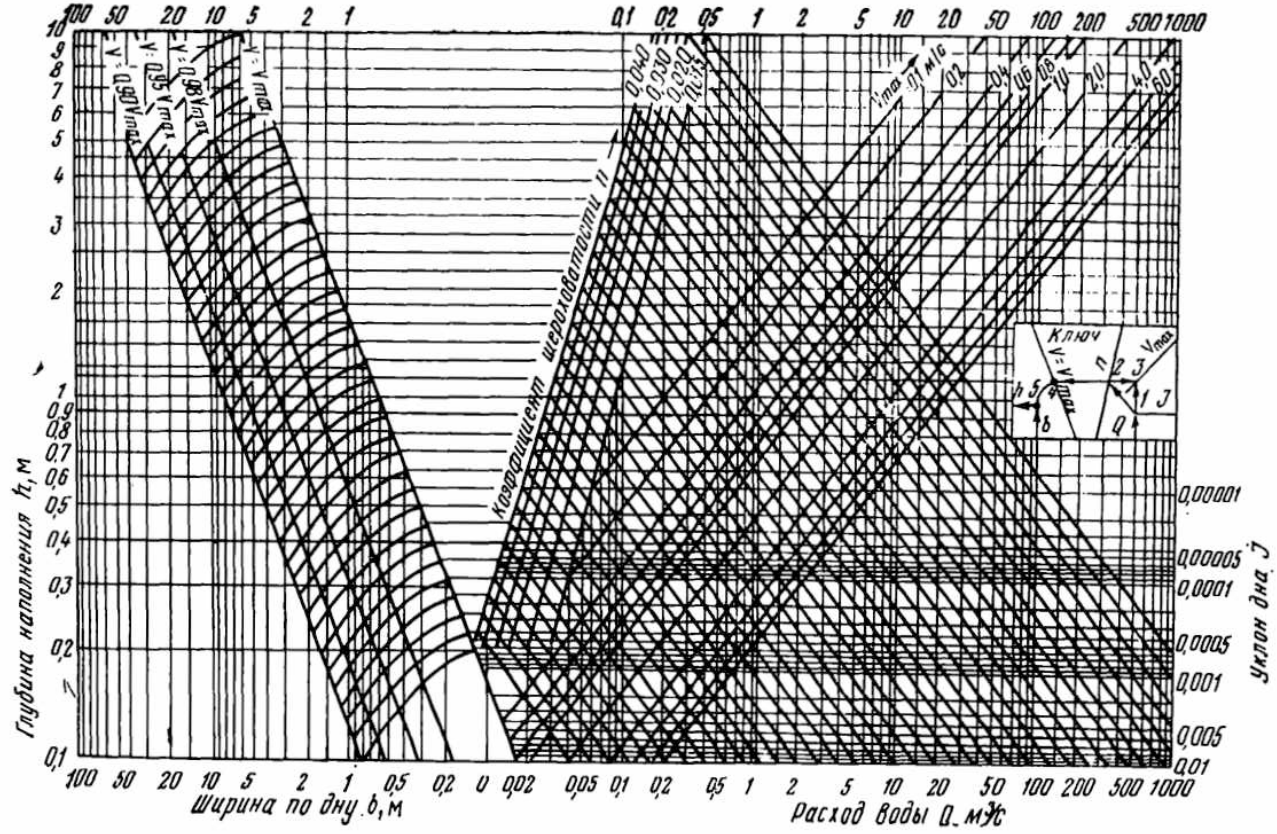


Рис. 15.4. Номограмма для гидравлического расчета трапецеидальных каналов с коэффициентом заложения откосов $m = 1{,}5$.

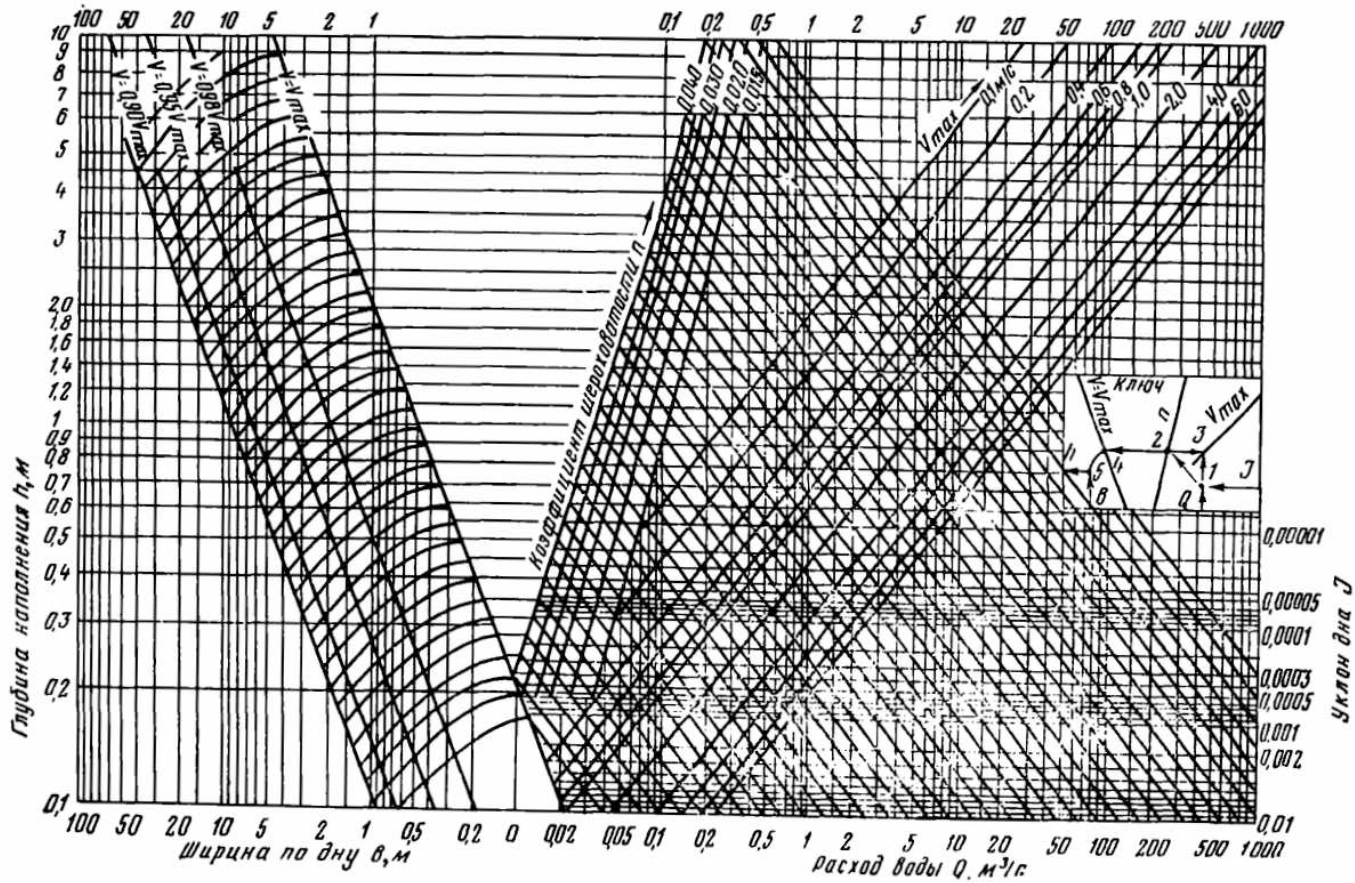


Рис. 15.5. Номограмма для гидравлического расчета трапецеидальных каналов с коэффициентом заложения откосов $m=2,0$.

При гидравлических расчетах трапецеидальных каналов можно использовать номограммы (рис. 15.4 и 15.5, см. соответственно левый и правый форзац), по которым нетрудно подобрать параметры русла гидравлически наивыгоднейшего или близкого к нему профиля. Наклонная линия $v=v_{max}$, расположенная в левой части номограммы, включает ширину по дну b и глубину наполнения h для гидравлически наивыгоднейшего сечения. Линия $v=0{,}98\,v_{max}$, $v=0{,}95\,v_{max}$ и $v=0{,}90\,v_{max}$ соответствуют сечениям, пропускная способность которых соответственно на 2, 5 и 10% меньше, чем для гидравлически наивыгоднейшего сечения (объемы земляных работ при этом будут, наоборот, на 2, 5 и 10% больше, чем при $v=v_{max}$). Наклонные линии v_{max} в правой части номограммы дают среднюю скорость потока в каналах гидравлически наивыгоднейшего сечения. Ниже приведен пример использования номограмм.

Дано: $Q=10$ м³/с; $I=0{,}0005$; $m=2{,}0$; $n=0{,}03$; $h=2{,}0$ м. Определить b, v.

Прикладываем линейку на правой горизонтальной шкале Q к точке, соответствующей расходу 10 м³/с (см. рис. 15.5) и проводим вертикальную линию до пересечения с горизонтальной линией, соответствующей уклону $I=0{,}0005$. От полученной таким образом точки пересечения *1* (см. ключ номограммы) идем параллельно косым тонким линиям до пересечения с линией коэффициента шероховатости $n=0{,}03$ и получаем точку пересечения *2*, от которой проводим горизонтальную линию вправо и влево. Пересечение правой части горизонтальной линии с вертикальной линией расхода $Q=10$ м³/с (точка *3*) дает максимально возможную среднюю скорость $v_{max}=0{,}8$ м/с, то есть скорость в гидравлически наивыгоднейшем сечении. Левую часть горизонтальной линии ведем до наклонной линии $v=v_{max}$ (точка *4*), затем поворачиваем параллельно наклонным кривым до пересечения с горизонтальной линией принятой глубины наклонения канала $h=2$ м (точка *5*) и, опуская перпендикуляр из точки пересечения *5* на горизонтальную левую шкалу, находим искомую ширину канала по дну $b=2{,}2$ м. Линия, проведенная через точку пересечения найденных h и b (в точку *5*) параллельно линии $v=v_{max}$, показывает (по интерполяции) коэффициент, на который нужно умножить v_{max}, чтобы получить действительную среднюю скорость v потока воды в канале. В нашем случае $v=0{,}99\,v_{max}=0{,}99\cdot0{,}8=0{,}792$ м/с. Окончательные размеры русла выбирают с учетом требуемого запаса превышения бровок канала над расчетным уровнем воды и привязкой к существующим типоразмерам поперечных сечений.

Крепление каналов проектируют и рассчитывают по методике, изложенной в разделе 17.3. Для назначения типов, конструкций и параметров креплений проводящих каналов используют типовые решения, при этом в качестве расчетного принимают чаще всего расход весеннего половодья 10%-ной обеспеченности, а при выливе его на пойму — расход, пропускаемый каналом при работе полным сечением. Гидравлический расчет русл с креплением проводится независимо от водосбросной площади канала.

Каналы крепят от размыва руслоным потоком в тех случаях, когда средняя скорость течения воды v, определяемая расчетом или по номограмме, больше допустимой на размыв для данного вида грунта, слагающего дно канала, и когда уклоны превышают максимально допустимые $I_{доп}$ для откосов и $I_{кр}$ для дна (см. раздел 17.2). При допустимых скоростях и уклонах откосы крепят в необходимых случаях (см. раздел 17.3) только от воздействия гидродинамического давления в зоне высачивания грунтовых вод на откос. Для принятого типа крепления проводится поверочный гидравлический расчет. С учетом нового коэффициента шероховатости n (определяется по таблице 15.7) уточняют ширину канала по дну, глубину наполнения, высоту крепления.

Допустимые неразмывающие скорости для различных типов креплений принимают по СНиП II-52—74.

Во всех случаях верхнюю часть откосов каналов выше зоны высачивания или расчетного уровня воды в русле крепят засевом трав, дернокрошкой или одерновкой. Для защиты нижней части откосов от действия фильтрационного давления применяют конструкции из фильтрующих материалов. В плывунных грунтах и при интенсивном грунтовом питании (высота высачивания

$h_в \geqslant 0{,}5$ м) рекомендуется устраивать вдоль бровок канала разгрузочные дрены.

Допускаемые (неразмывающие) средние скорости течения воды $v_{в.доп}$ в проводящих каналах с расходом воды до 50 м³/с рассчитывают по формулам Ц. Е. Мирцхулавы. Для однородных по крупности несвязных грунтов формула имеет вид

$$v_{н.доп} = \left(\lg \frac{8{,}8H}{d}\right) \sqrt{\frac{2m_y}{0{,}44\rho_o n'} [g(\rho_г - \rho_o) d + 2C^в_{ув}K]}, \quad (15.10)$$

где H — глубина потока, м; $\rho_г$, ρ_o — плотность соответственно частиц грунта и воды, кг/м³; d — средний диаметр частиц грунта (м), вычисляется как средневзвешенный по формуле

$$d = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i P_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i}, \quad (15.11)$$

d_i и P_i — соответственно средняя крупность и процентное содержание по массе каждой фракции грунта; $C^в_{ув}$ — усталостная прочность на разрыв несвязного грунта (Па), учитывается при $d < 0{,}25$ мм и определяется по формуле $C^в_{ув} \leqslant 172/(10^6 d)$; m_y — коэффициент условий работы, учитывающий влияние наносов в коллоидном состоянии на размывающую способность наносов, при содержании в потоке глинистых частиц менее 0,1 кг/м³ принимают $m = 1$, при 0,1 кг/м³ и более $m = 1{,}3...1{,}5$ для мелких и средних песков и $m = 1{,}5...1{,}7$ для крупных и гравелистых песков; n' — коэффициент перегрузки, учитывающий влияние пульсации скоростей, при $d \geqslant 0{,}001$ м $n' = 4$, а при $d < 0{,}001$ м определяется по формуле

$$n' = 1 + \frac{d}{0{,}00005 + 0{,}3d}; \quad (15.12)$$

K — коэффициент, характеризующий вероятность отклонения сил сцепления от среднего значения, принимается равным $K = 0{,}5$; g — ускорение свободного падения, $g = 9{,}81$ м/с².

Однородными по крупности частиц считаются несвязные грунты, характеризуемые отношением

$$d_{95}/d_5 \leqslant 5,$$

где d_5 и d_{95} — диаметры частиц, меньше которых в данном грунте содержится частиц соответственно 5 и 95% по массе.

Допускаемые неразмывающие средние скорости для однородных несвязных грунтов и плотностью частиц $\rho_г = 2650$ кг/м³ в потоках, свободных от наносов (содержание глинистых частиц менее 0,1 кг/м³), при $m_y = 1$ можно определить по таблице 15.9. При наличии наносов в коллоидном состоянии скорость $v_{н.доп}$ следует умножать на $\sqrt{m_y}$, а при плотности грунта, отличающейся от принятой, — на величину $\sqrt{(\rho_г - 1000)/1650}$.

Допускаемые неразмывающие средние скорости потока в каналах, прокладываемых в неоднородных по крупности несвязных грунтах ($d_{95}/d_5 > 5$), устанавливают с учетом явления естественной отмостки русла крупными фракциями грунта (предполагая некоторый незначительный размыв русла канала в начальный период его эксплуатации) по формуле Ц. Е. Мирцхулавы:

$$v_{н.доп} = \left(\lg \frac{8{,}8H}{d_{95}}\right) \sqrt{\frac{2m_y}{0{,}44\rho_o n'} [g(\rho_г - \rho_o) D_{отм} + 2C^в_{ув}K]}, \quad (15.13)$$

где $D_{отм}$ — средний диаметр частиц отмостки, вычисляемый как средневзве-

15.9. Допускаемые неразмывающие средние скорости (м/с) потока для однородных несвязных грунтов

Средний размер частиц грунта, d мм	Глубина потока, м				Средний размер частиц грунта, d мм	Глубина потока, м			
	0,5	1	3	5		0,5	1	3	5
0,05	0,52	0,55	0,60	0,62	1,00	0,51	0,55	0,62	0,65
0,15	0,36	0,38	0,42	0,44	2,00	0,64	0,70	0,79	0,83
0,25	0,37	0,39	0,41	0,45	2,50	0,69	0,75	0,86	0,90
0,37	0,38	0,41	0,46	0,48	3,00	0,73	0,80	0,91	0,96
0,50	0,41	0,44	0,50	0,52	5,00	0,87	0,96	1,10	1,17
0,75	0,47	0,51	0,57	0,59	10,0	1,10	1,23	1,42	1,51

шенный по площади, занимаемой на дне потока частицами укрупненного поверхностного слоя грунта в зависимости от допускаемой глубины размыва $h_{доп}$ и характеристик гранулометрического состава исходного грунта:

$$D_{отм} = d_{ср} + \frac{h_{доп}(1 - K_o)(1 - P_{ср})}{1 + \frac{h_{доп}}{d_{95}}(0{,}95 - P_{ср})}, \qquad (15.14)$$

где $d_{ср}$ — средневзвешенный диаметр частиц грунта, слагающего ложе канала до начала его эксплуатации (м), вычисляют на основании данных гранулометрического анализа грунта по формуле (15.11), м; $P_{ср}$ — ордината интегральной гранулометрической кривой исходного грунта (в долях единицы), соответствующая средневзвешенному диаметру частиц; K_o — коэффициент однородности исходного грунта, $K_o = d_{ср}/d_{95}$; при $K_o \geqslant 0{,}6$ можно считать грунт практически однородным и не учитывать влияние самоотмостки при его размыве и установлении допускаемых скоростей.

Допускаемую глубину размыва при расчете среднего диаметра отмостки $D_{отм}$ следует принимать равной меньшему из двух предельных значений: $h_{доп} \leqslant 0{,}05\,H$ и $h_{доп} \leqslant 20\,d_{95}$.

При значениях допускаемой глубины размыва $h_{доп} \leqslant 0{,}05\,H$ допускаемые неразмывающие средние скорости для неоднородных несвязных грунтов с плотностью $\rho_г = 2650$ кг/м^3 в потоках, свободных от наносов (при коэффициенте условий работы $m_у = 1$), можно принимать по таблице 15.10.

Допускаемые неразмывающие средние скорости водного потока для связных грунтов (глины, суглинки, супеси с числом пластичности $I_р \geqslant 0{,}01$) определяют по формуле Ц. Е. Мирцхулавы:

$$v_{в.доп} = \left(\lg \frac{8{,}8H}{d}\right)\sqrt{\frac{2m_у}{2{,}6\rho_o n'}\left[g(\rho_г - \rho_o)d + 1{,}25C_у^н K\right]}, \qquad (15.15)$$

где $C^н_у$ — нормативная усталостная прочность на разрыв связного грунта, Па; d — средний размер агрегатов (отрывающихся отдельностей) грунта, приведенный к диаметру равнообъемного шара (м), принимается приближенно $d \approx 0{,}004$ м; $m_у$ — коэффициент условий работы. При наличии наносов в коллоидном состоянии более 0,1 кг/м^3 принимают $m_у = 1{,}3...1{,}6$; для откосов, покрытых растительностью, $m_у = 1{,}1...1{,}2$; при наличии донных корродирующих наносов $m_у = 0{,}75...0{,}85$; K — коэффициент однородности связных грунтов, характеризующих вероятность отклонения показателей сцепления от их средних величин в неблагоприятную сторону по сравнению с нормативной, при отсутствии данных по испытанию грунтов коэффициент берется равным $K = 0{,}5$; n' — коэффициент перегрузки определяют по формуле (15.12), для потоков с развитой турбулентностью принимают $n' = 4$.

Нормативную усталостную прочность на разрыв определяют в зависимости от нормативного удельного сцепления грунта $C^н$ по формуле $C^н_у = 0{,}035\,C^н$.

15.10. Допускаемые неразмывающие средние скорости потока (м/с) для неоднородных несвязных грунтов при допускаемой глубине размыва $h_{доп} \leqslant 0{,}05H$

$d_{ср}$, мм	$K_o=0{,}5$				$K_o=0{,}3$			
	H, м				H, м			
	0,5	1	3	5	0,5	1	3	5
0,25	0,44	0,47	0,52	0,55	0,53	0,58	0,64	0,68
0,37	0,48	0,52	0,58	0,61	0,59	0,64	0,72	0,75
0,50	0,53	0,57	0,64	0,67	0,63	0,70	0,79	0,83
0,75	0,59	0,65	0,73	0,77	0,68	0,79	0,89	0,94
1,0	0,63	0,70	0,79	0,83	0,71	0,83	0,96	1,02
2,0	0,79	0,89	1,04	1,10	0,83	1,01	1,26	1,34
2,5	0,84	0,96	1,13	1,20	0,87	1,06	1,36	1,46
3,0	0,88	1,02	1,21	1,28	0,90	1,11	1,44	1,56
5,0	1,01	1,18	1,45	1,56	0,98	1,23	1,67	1,86
10	1,18	1,42	1,82	2,00	1,10	1,39	1,97	2,26

Продолжение

$d_{ср}$, мм	$K_o=0{,}2$				$K_o=0{,}15$			
	H, м				H, м			
	0,5	1	3	5	0,5	1	3	5
0,25	0,62	0,67	0,76	0,80	0,65	0,75	0,85	0,89
0,37	0,65	0,75	0,84	0,89	0,66	0,83	0,94	1,00
0,50	0,67	0,81	0,92	0,97	0,66	0,86	1,03	1,09
0,75	0,70	0,87	1,05	1,11	0,66	0,88	1,17	1,24
1,0	0,70	0,89	1,13	1,20	0,66	0,87	1,26	1,34
2,0	0,76	0,99	1,41	1,56	0,70	0,93	1,44	1,72
2,5	0,78	1,02	1,48	1,70	0,71	0,94	1,48	1,79
3,0	0,80	1,04	1,54	1,78	0,73	0,96	1,51	1,84
5,0	0,86	1,11	1,68	1,98	0,78	1,01	1,58	1,95
10	0,95	1,21	1,83	2,22	0,86	1,10	1,67	2,07

Произведение нормативного удельного сцепления $C^н$ на коэффициент однородности грунта K принимают в качестве расчетного сцепления: $C_{расч}=C^нK$, в зависимости от которого устанавливают допускаемую неразмывающую скорость потока по таблице 5.11, составленной для $\rho_г=2650$ кг/м³; $m_д=1$; $d=0{,}004$ м.

Допускаемые неразмывающие средние скорости $v_{доп}$ потока для торфа при $R=1$ м приведены ниже:

Вид торфа	$v_{доп}$, м/с
Древесный	0,35...0,5
Хвощовый	0,7...0,9
Осоково-гипновый, хорошо разложившийся (более 55%)	0,5...0,7
Осоково-гипновый, слаборазложившийся (до 35%)	0,8...1
Сфагновый, хорошо разложившийся (более 55%)	0,6...0,8
Сфагновый, слабо разложившийся (до 35%)	1,2...1,4

15.11. Допускаемые неразмывающие средние скорости (м/с) потока для связных грунтов

Расчетное сцепление $C_{расч}$, 10^5 Па	Глубина потока, м				Расчетное сцепление $C_{расч}$, 10^5 Па	Глубина потока, м			
	0,5	1	3	5		0,5	1	3	5
0,005	0,39	0,43	0,49	0,52	0,075	0,83	0,91	1,04	1,10
0,010	0,44	0,48	0,55	0,58	0,100	0,96	1,04	1,20	1,27
0,020	0,52	0,57	0,65	0,69	0,125	1,03	1,13	1,30	1,37
0,030	0,59	0,64	0,74	0,78	0,150	1,13	1,23	1,41	1,49
0,040	0,65	0,71	0,81	0,86	0,175	1,21	1,33	1,52	1,60
0,050	0,71	0,77	0,89	0,98	0,200	1,28	1,40	1,60	1,69

Пересчет величины $v_{доп}$ на другие гидравлические радиусы проводится по зависимости $v_{доп} = v'_{доп} R^{0,2}$.

15.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗАКРЫТОЙ ПРОВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Гидравлический расчет закрытого коллектора, как правило, заключается в определении диаметра трубопровода в зависимости от расчетного расхода воды, материала труб коллектора и его уклона, диктуемого рельефом местности, при безнапорном и равномерном движении воды. Уклоны коллекторов должны быть не менее 0,002 при диаметре до 20 см и не менее 0,0005 при диаметре более 20 см.

При напорном режиме движения воды, например на системах с затопленными дренажными устьями или на системах двухстороннего действия при использовании коллектора для подачи воды на увлажнение, коллектор рассчитывают в зависимости от гидравлического уклона.

Расчетный расход в коллекторе определяют по формуле

$$Q_{кол} = qF,$$

где q — расчетный модуль дренажного стока, л/(с·га); F — площадь водосбора в расчетном сечении, га.

При поступлении поверхностных вод из колодцев-поглотителей расход воды при расчете закрытого коллектора определяют по формуле

$$Q_{кол} = qF + \sum_{i=1}^{n} q_{п} F_{п},$$

где $q_п$ — расчетный модуль поверхностных вод, л/(с·га); $F_п$ — площадь водосбора поверхностных вод, обслуживаемая колодцами-поглотителями, га.

Скорость течения воды в коллекторах при пропуске расчетных расходов и полном заполнении их водой следует принимать не менее 0,3 м/с. Для коллекторов из керамических и пластмассовых труб во избежание размыва грунта у водоприемных отверстий максимальная скорость воды должна быть не более 1,5 м/с.

Гидравлический расчет коллекторов необходимо выполнять в местах подсоединения дрен и коллекторов низшего порядка, колодцев-поглотителей, в местах изменения уклона.

Пропускная способность коллекторов из гибких и короткомерных дренажных труб (пластмассовых и керамических) особенно при малых уклонах, по данным ЛитНИИГиМ, в большой степени зависит от точности соблюдения уклона дренажной траншеи в процессе строительства, так как даже при нормативных предельных отклонениях отметок дна в полости трубопровода образуются воздушные пробки.

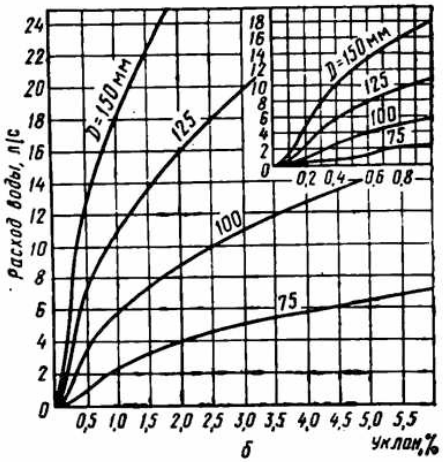


Рис. 15.6. График зависимости $Q=f(i)$ для коллекторов из керамических (ГОСТ 8411—74) труб диаметром 75...150 мм:
а и *б* — соответственно для нормальных и сложных условий.

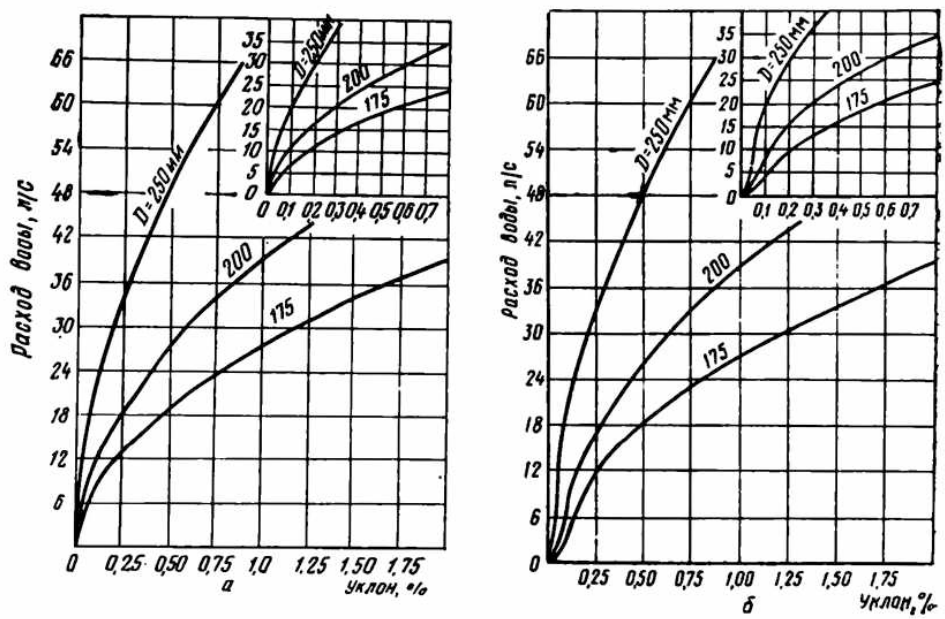


Рис. 15.7. График зависимости $Q=f(i)$ для коллекторов из керамических (ГОСТ 8411—74) труб диаметром 175...250 мм:
а и *б* — соответственно для нормальных и сложных условий.

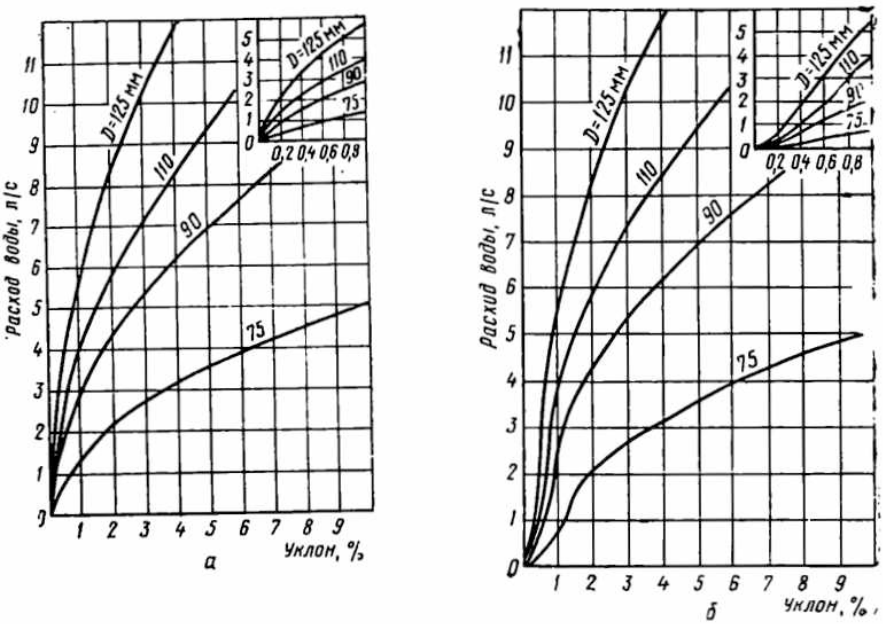


Рис. 15.8. График зависимости $Q=f(i)$ для коллекторов из полиэтиленовых (ТУ 6-05-1078—78) и поливинилхлоридных (ТУ 33-291—83) труб:
а и *б* — соответственно для нормальных и сложных условий.

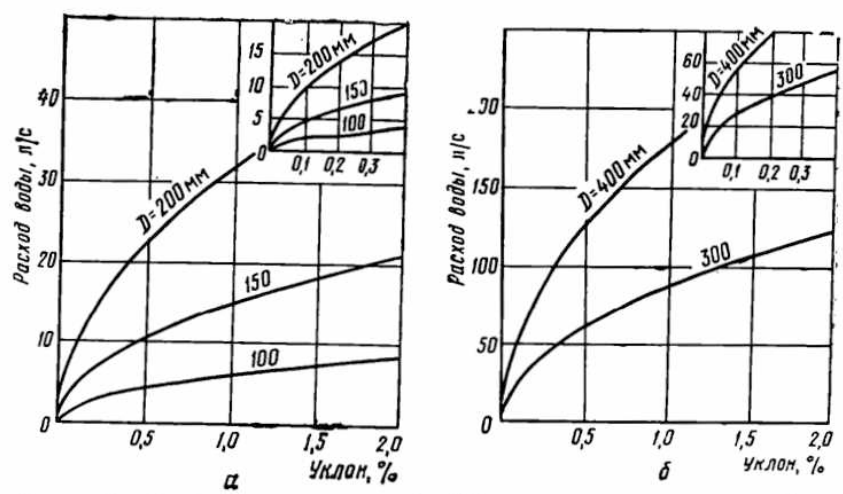


Рис. 15.9. График зависимости $Q=f(i)$ для коллекторов из асбестоцементных труб (ГОСТ 1839—80) диаметром 100...200 мм (*а*) и 300...400 мм (*б*).

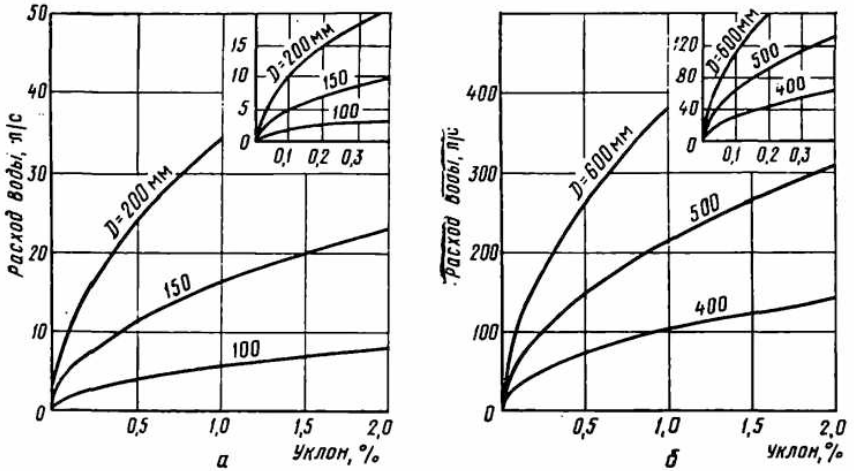


Рис. 15.10. График зависимости $Q=f(i)$ для коллекторов из бетонных труб (ГОСТ 20054—82, диаметром 100...200 мм (*а*) и 400...600 мм (*б*).

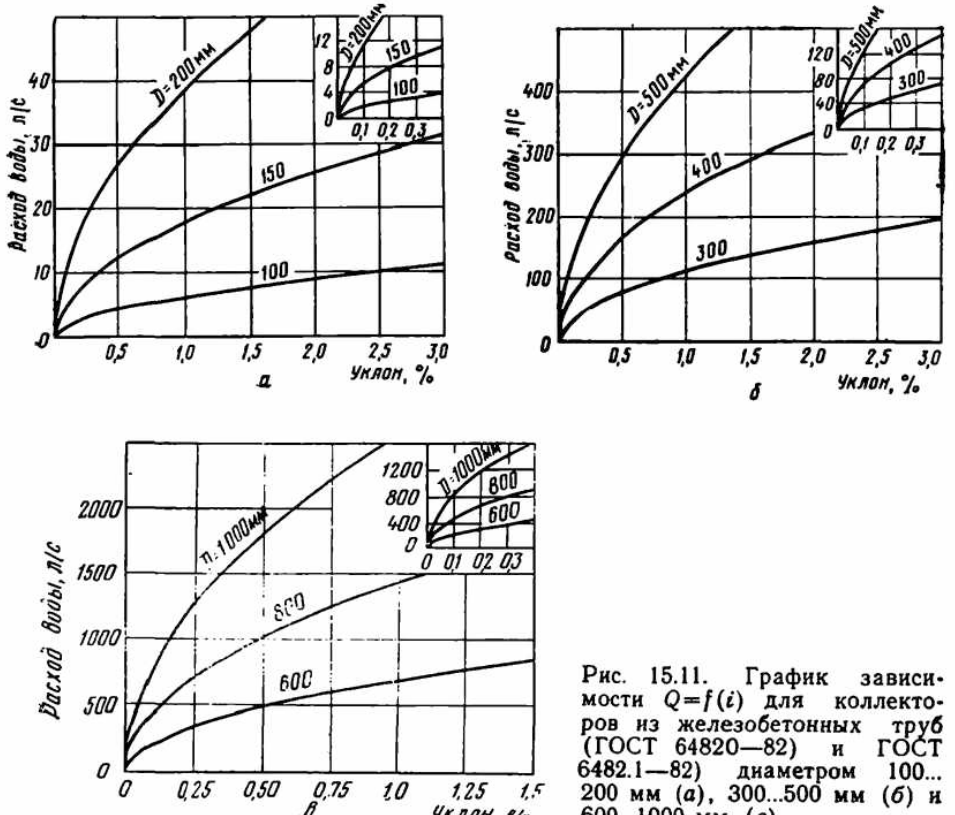


Рис. 15.11. График зависимости $Q=f(i)$ для коллекторов из железобетонных труб (ГОСТ 64820—82) и ГОСТ 6482.1—82) диаметром 100... 200 мм (*а*), 300...500 мм (*б*) и 600...1000 мм (*в*).

Приведенные выше (рис. 15.6... 15.11) графики позволяют определить диаметр коллектора для наиболее широко применяемых в мелиорации конструкций безнапорных труб, в том числе с учетом сложности строительства. К сложным условиям относится строительство коллекторов в торфах, водонасыщенных обрушающихся песках и супесях, грунтах с содержанием крупного камня (размером >20 см) до 10% и более от объема выемки.

Пример. Провести гидравлический расчет керамического коллектора. Расход воды в заданном створе равен 3,0 л/с, уклон коллектора 0,2% (0,002), условия строительства — нормальные.

Отложив на графике (рис. 15.6, *а*) значения расхода воды и уклона, находим точку пересечения, которая располагается по вертикали между кривыми $Q=f(i)$, соответствующими диаметрам 100 и 125 мм. Принимаем больший диаметр 125 мм. В сложных условиях при аналогичных исходных данных следует принимать диаметр 150 мм (рис. 15.6, *б*).

При проектировании закрытых коллекторов на больших уклонах скорость движения воды в них может превышать 1,5 м/с. В этом случае можно применять асбестоцементные и другие трубы с глухими соединениями. При использовании керамических труб следует устраивать коллектор в плане зигзагообразно с колодцами в точках изменения направления или изолировать стыки керамических труб.

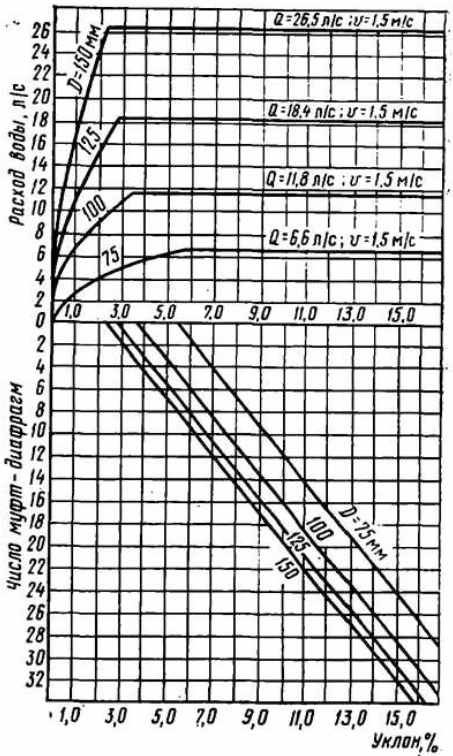


Рис. 15.12. Номограмма для расчета коллекторов с муфтами-диафрагмами.

Для таких условий Львовгипроводхоз и УИИВХ разработали конструкции и методику расчета керамических коллекторов с муфтами-диафрагмами, выпускаемыми по ТУ 33-81—83.

Максимально допустимые уклоны керамических коллекторов, соответствующих скорости потока 1,5 м/с, равны:

диаметр коллектора, мм	75	100	125	150	175	200	250
уклон, %	5,5	3,7	2,9	2,4	1,7	1,5	1,1

Муфты-диафрагмы выпускают для коллекторов диаметром 75, 100, 125 и 150 мм.

Число муфт-диафрагм для гашения скорости потока при длине коллектора 100 м определяют по номограмме (рис. 15.12).

Число муфт-диафрагм n на длине l участка коллектора с уклоном, превышающим максимально допустимый, вычисляют по формуле

$$n = l/100N. \qquad (15.16)$$

Пример. Определить диаметр коллектора из керамических труб и число муфт-диафрагм при уклоне коллектора больше максимально допустимого. Дано: $Q=8{,}0$ л/с; $i=4{,}8\%$; $l=70$ м.

Отложив на номограмме (рис. 15.12) значения Q и i, находим точку пересечения, которая располагается между кривыми, соответствующими диаметрам 75 и 100 мм. Принимаем ближайший больший диаметр 100 мм. Уклон коллектора в этом случае превышает допустимый, а следовательно, скорость в коллекторе будет также больше допустимой. Чтобы снизить скорость до 1,5 м/с, в коллекторе необходимо установить муфты-диафрагмы. Число муфт-диафрагм следует определять по номограмме (рис. 15.12). От шкалы уклонов при $i=4{,}8\%$ проводим вертикальную линию вниз до пересечения с прямой $N=f(i)$, соответствующей диаметру 100 мм. От точки пересечения проводим горизонтальную линию до шкалы с числом муфт-диафрагм на длине 100 м ($N=2{,}8$). Число муфт-диафрагм на заданной длине коллектора рассчитывают по формуле 15.16

$$n = \frac{70}{100} \cdot 2{,}8 = 1{,}96.$$

Принимаем две муфты-диафрагмы.

Первую муфту-диафрагму следует устанавливать в конце расчетного участка коллектора, вторую по средине этого участка. При большем числе муфт-диафрагм их равномерно размещают по длине расчетного участка коллектора.

Чтобы предотвратить размыв траншейной засыпки поверхностными водами при уклонах поверхности более 6% (0,06), в траншее необходимо устанавливать противоэрозионные перемычки, например из деревянных щитов. Нижнюю противоэрозионную перемычку рекомендуется устанавливать на стыке с допустимым (менее 6%) уклоном поверхности. Расстояние между перемычками в зависимости от уклона местности равны:

уклон, % . . .	6...7	7...8	8...9	9...10	Более 10
расстояние между перемычками, м	50	25	17	13	10

Глава 16. ВОДОПРИЕМНИКИ

Водоприемник — важнейшая часть осушительной системы. Все избыточные воды с осушаемых земель через регулирующую и проводящую сеть поступают в водоприемник. Сам водоприемник также выполняет роль регулирующей и проводящей сети и обеспечивает осушение примыкающих к нему земель. Водоприемниками могут служить реки, ручьи, моря, озера, водохранилища, пруды, балки, овраги.

16.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ВОДОПРИЕМНИКАМ

К водоприемникам предъявляют основные требования, приведенные ниже.

Уровни воды в водоприемнике в расчетные периоды не должны подпирать и подтапливать впадающую в него сеть и должны отвечать следующим условиям вертикального сопряжения осушительной сети: бытовые (меженные) уровни воды в водоприемнике должны быть ниже (или вровень) дна магистрального канала и ниже закрытых коллекторов на 30...50 см, уровни предпосевного расхода воды — ниже бровок водоприемника на 0,5...0,8 м, уровни предпосевных, летне-осенних паводковых расходов воды — на 20...30 см ниже уровней в магистральных каналах.

Пропускная способность русла должна быть такой, чтобы продолжительность затопления осушаемой территории весенними паводковыми водами составляла: при севооборотах с озимыми 0 сут, при зерновых культурах 5...10 сут, при овощных кормовых культурах 10...15 сут, при многолетних травах 15...25 сут.

Летне-осенние паводковые расходы воды должны проходить внутри русла, при этом их уровни должны быть на 30...40 см ниже бровок.

Берега и русло водоприемника должны быть устойчивыми.

Движение воды в водоприемнике по всей его длине должно быть равномерным.

Для установления соответствия уровней воды в водоприемнике требованиям вертикального сопряжения осушительной сети по данным водомерных наблюдений строят график уровней воды. При отсутствии данных за уровнями воды на реке строят график прохождения паводка по СН 435—72. По отметкам уровней воды в водоприемнике и отметкам осушаемых земель определяют положение весенних паводковых, летне-осенних паводковых и бытовых (меженных) уровней. С учетом этого положения устанавливают, что водоприемником может быть либо любой водоисточник (река, озеро, водохранилище и др.) в естественном состоянии, либо река после ее регулирования, либо обвалованный или необвалованный водоисточник при машинном водоподъеме.

Мелкие и средние реки регулируют в соответствии с условиями вертикального сопряжения. Крупные реки не регулируют, а обваловывают, в этом случае осуществляется машинный водоподъем.

Регулируют те реки, которые находятся в неудовлетворительном состоянии.

К естественным причинам неудовлетворительного состояния реки-водоприемника относятся недостаточные размеры поперечных сечений русла, разные по форме и площади поперечные сечения, большая шероховатость русла, множество изгибов, обрушения и заносы русла. Искусственные причины — перегораживание русла мельничными плотинами, гидроэлектростанциями, шлюзами, заколами для рыбной ловли и др.

Все эти причины уменьшают скорости течения, пропускную способность, ведут к подъему уровней воды в реке и грунтовых вод на пойме.

16.2. РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ

В зависимости от причин высоких уровней воды в русле и недопустимого по продолжительности и срокам затопления пойм применяют следующие способы регулирования рек: устранение подпоров от сооружений; уменьшение шероховатости русла; увеличение размеров поперечных сечений русла и уклона реки; придание руслу устойчивого поперечного и продольного профиля, равномерно изменяющегося по длине реки в соответствии с расходом; регулирование стока водохранилищами и прудами на реке и ее притоках; строительство параллельного канала (русла) для разгрузки реки.

Подпор от сооружений устраняют путем их ликвидации или перестройки. Если ликвидировать или перестроить сооружение нельзя, то предусматривается машинный водоподъем. В этом случае, если сохраняются остальные причины неудовлетворительного состояния реки, также необходимо ее регулирование для обеспечения вертикального сопряжения элементов осушительной сети и своевременного отвода паводковых вод.

Для уменьшения шероховатости русла увеличивают скорости течения воды в вегетационный период до 0,3...0,5 м/с, затеняют русло посадкой древесной и кустарниковой растительностью по берегу с солнечной стороны, применяют машинную очистку откосов от растительности, разводят в реке травоядных рыб — белый амур, белый и пестрый толстолобик.

Размер поперечных сечений увеличивают путем уширения и заглубления русла.

Уклон реки увеличивают путем спрямления русла, при котором уменьшается длина и увеличиваются скорости течения.

Необходимый уклон дна реки определяют по формуле Шези для будущего равномерного режима в реке после регулирования:

$$I_{min} = v^2/(C^2R),$$

где v — скорость, допустимая в меженный (бытовой) период (0,3...0,5 м/с); R — гидравлический радиус русла в межень; C — коэффициент Шези.

При уклоне существующего русла меньше минимального проводится спрямление русла. Новую трассу проектируют по следующим правилам: трасса должна проходить по наиболее пониженным участкам поймы, а на заторфованных участках по пониженным отметкам минерального дна; в зависимости от рельефа и уклона местности руслу придают в плане криволинейное или прямолинейное очертание (рис. 16.1); трассу выбирают таким образом, чтобы дно на всем протяжении регулируемой реки имело одинаковый уклон или в крайнем случае наименьшее число участков с изменением уклона, увеличивающегося к устью.

Применяют следующие способы спрямления русла (А. Д. Брудастов): короткие систематические прокопы — проектная трасса вписывается в существующее русло; решительное спрямление — проектная трасса проходит за пределами существующего русла; одиночные прокопы — спрямляются значительные излучины реки. Спрямления, выполненные разными способами, сопрягаются в общее плавное изменяющееся русло.

Устойчивость русла на поворотах, где наблюдается наибольший размыв, достигается приданием радиуса закруглений, отвечающего гидравлическим характеристикам потока и грунта. Этот радиус, учитывающий сопротивле-



Рис. 16.1. Участок р. Кудьмы:
1 — до регулирования; *2* — после регулирования русла.

ние грунта размыву, для рек с расходом до 5 м³/с вычисляют по формулам А. Ф. Печкурова:

для продольно устойчивого русла (15.1),

для поперечного устойчивого русла

$$r_{\min} = \alpha v^2/(gi),$$

где $r_{\min}$ — минимально допустимый радиус закругления, м; $\alpha = 1{,}1$ — коэффициент; v — скорость потока, м/с; $g = 9{,}81$ м/с²; i — уклон свободной поверхности, м.

Из вычисленных значений радиуса поворота принимают наибольшее.

Для рек с расходом более 5 м³/с радиусы закруглений определяют по формулам (15.3) и (15.4).

На закруглениях ширина русла больше, чем на прямолинейных участках, за счет вогнутого берега, который размывается. Наибольший размыв вогнутого берега смещается ко второй половине закругления, к которой рекомендуется приурочивать наибольшее расширение русла (И. Л. Розовский). Ширину закруглений рекомендуется (Г. Пресс) увеличивать на 30%.

Влияние неравномерности поперечных сечений на пропускную способность русла определяется по формуле Н. Н. Павловского:

$$z_m - z_{m+1} = Q^2\left[\xi\left(\frac{1}{\omega^2_{m+1}} - \frac{1}{\omega^2_m}\right) + \frac{l}{\overline{K}^2}\right],$$

где $z_m - z_{m+1}$ — падение уровней воды на участке длиной l между створами площадями ω_m и ω_{m+1}; $\overline{K}$ — осредненный модуль расхода:

$$\overline{K} = \overline{\omega C}\sqrt{\overline{R}} = \frac{Q}{\sqrt{I}}; \qquad \overline{K}^2 = \overline{\omega}^2\overline{C}^2\overline{R};$$

I — уклон поверхности воды; ξ — коэффициент дополнительного сопротивления:

$$\xi = \alpha\,(1 - \xi')/(2g); \qquad 1 > \xi' > 0.$$

Руслу реки придается устойчивая форма поперечных сечений исходя из устойчивости грунтов, расходов, глубины и формы устойчивых участков существующего русла, способа производства работ. Наиболее устойчивая форма поперечных сечений русла — параболическая.

Параметры поперечных сечений параболической формы определяют из уравнения

$$p = 2m^2H,$$

где m — коэффициент заложения откоса; H — глубина потока при расчетном расходе.

При разнородных грунтах, когда устойчивый грунт подстилается слабоустойчивым, может быть принято сложное сечение — трапеция, переходящая в параболу. В верховьях регулируемой реки при небольших глубинах русла форма может быть принята трапецеидальной.

Реки можно регулировать водохранилищами и прудами, построенными на самой реке, ее притоках и водосборе.

Чтобы придать руслу реки правильную форму и выправить динамическую ось потока, проводят выправительные работы путем устройства струенаправляющих дамб, запруд и полузапруд, а на широких участках (если ширина реки более чем в 2 раза превышает проектную) водостеснительных сооружений. Они задерживают часть паводкового стока, снижают расходы в реке, уменьшают объемы земляных работ по руслу и обеспечивают подачу воды в вегетационный период для увлажнения земель. Их также используют для разведения рыбы, водоплавающей птицы и других целей.

Для разгрузки реки в паводковый период и уменьшения объема регулировочных работ можно использовать также нагорные и ловчие каналы, соединив их с водоприемником и оснастив шлюзами. В паводки шлюзы открывают, и вода из реки поступает в каналы, после паводка шлюзы в начале каналов закрывают, а в конце открывают, и они служат для перехвата вод с водосбора. В засушливый период шлюзы в конце канала закрывают, в начале — открывают, и вода поступает из реки для увлажнения.

В результате регулирования реки резко изменяется водный режим реки и поймы, то есть сокращается продолжительность весеннего затопления, прекращается летне-осеннее, понижаются бытовой (меженный) уровень в реке и уровень грунтовых вод на прилегающей к реке части поймы. Водный режим изменяется в зависимости от принятой обеспеченности расчетных расходов и уровней воды в реке. Расчетом определяют зону осушительного действия реки, для которой не нужна дополнительная регулирующая сеть для понижения уровня грунтовых вод. При плоском рельефе, хорошо водопроницаемых грунтах зона этого действия распространяется на сотни метров. При углублении русла и снижении бытовых уровней увеличивается приток грунтовых вод к реке и ее расход.

Расход воды (м³/с), который река может пропустить после регулирования, определяют по формуле М. Ф. Срибного:

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{I_2}{I_1}\left(\frac{L_1}{L_2}\right)^2},$$

где Q_1 — расход до регулирования, м³/с; L_1 и L_2 — длина русла от водораздела до замыкающего створа соответственно до регулирования и после него, км; I_1 и I_2 — уклон реки соответственно и после регулирования.

16.3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРИЕМНИКА

Гидравлический расчет состоит в определении расчетных расходов, которыми являются весенние паводковые, летне-осенние паводковые, предпосевные, меженные (бытовые) в зависимости от использования осушаемых земель.

Расчетные створы выбирают по спрямленному руслу в следующих местах: в устье и истоке регулируемого участка; в местах изменения уклонов русла; ниже впадения в реку притоков, каналов с водосборной площадью не менее 500 га; в местах резких изменений поймы, сужений и расширений.

Соответственно выбранным створам определяют водосборные площади и расходы.

Гидравлический расчет проводят для расчетных створов. По известным расходам, уклону дна, глубине русла, коэффициенту шероховатости и форме поперечных сечений определяют ширину русла поверху (и понизу для

трапецеидального русла), глубины заполнения при расчетных расходах и соответствующие скорости течения.

Расчет проводят по формулам равномерного движения. Полученные глубины заполнения при пропуске расчетных расходов наносят на рабочий профиль в расчетных створах. Делают проверку правил вертикального сопряжения потоков. Если они не соблюдены, то расчет повторяют вновь. При недопустимых скоростях течения на размыв увеличивают размеры поперечных сечений. Минимальные скорости должны быть не менее 0,25...0,3 м/с.

Водный режим реки изменяется как на регулируемых, так и на сбросных участках за пределами регулирования. Регулируемая часть реки с нерегулированной сопрягаются так, чтобы на ней не подпирались уровни воды и не уменьшалась пропускная способность. Для этого проектное дно сопрягается с дном существующего русла на одинаковых отметках; скорости должны быть примерно одинаковыми на регулируемой и сбросной части; отметки расчетных уровней на сбросной части не должны превышать аналогичных отметок на регулируемой.

Ширину русла, определенную гидравлическим расчетом, наносят на план в расчетных створах. На некоторых участках существующее русло будет шире проектного и потребуется засыпка уширений землеройными машинами или заиление их путем выправительных сооружений. Вынутый при регулировании реки грунт используют для засыпки стариц, расширений русла, планировки прилегающих земель.

Обвалование русла рек применяют в следующих случаях: регулирование реки не может обеспечить пропуск расчетных расходов с заданной обеспеченностью; затопление вообще не допустимо (наличие населенных пунктов, памятников архитектуры, требования охраны природы и т. д.); обвалование экономичнее, чем регулирование русла; обвалование дополняет регулирование русла.

Обвалование земель имеет следующие недостатки: обедняются питательными веществами прилегающие земли вследствие прекращения затопления; коренным образом изменяется водный, пищевой и другие режимы прилегающих земель; требуется электроэнергия, усложняются и удорожаются эксплуатационные мероприятия. При сопоставлении вариантов регулирования и обвалования реки необходимо учитывать как положительные, так и отрицательные их стороны.

Глава 17. УСТОЙЧИВОСТЬ РУСЛ КАНАЛОВ И РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ

17.1. ВИДЫ ДЕФОРМАЦИИ РУСЛ

Основная причина разрушения русл мелиоративных каналов и рек-водоприемников — воздействие на них природных факторов, из которых главную роль играют русловые, грунтовые и поверхностные воды, а также промерзание и оттаивание грунта, ветровая эрозия и др. Причиной повреждения русл бывают и факторы искусственного происхождения, такие, как неупорядоченные переезды и перегоны, стеснение и засорение русла. Ниже рассмотрены наиболее распространенные виды деформаций.

Размыв русла. Дно русла, и особенно подводная часть откосов в неустойчивых грунтах, размывается русловым потоком на тех участках, где уклоны и соответственно скорости превышают значения, допустимые на размыв. Процесс размыва русла идет обычно до тех пор, пока не наступит равновесие между касательным напряжением потока и сопротивлением поверхности слоя грунта размыву. Неустойчивы к размыву мелкозернистые и пылеватые песчаные и супесчаные грунты; к более устойчивым относятся грунты, обладающие сцеплением: глины, суглинки, торфы. Надводная часть откосов может размываться склоновым потоком, возникающим в период снеготаяния и дождевых ливней. Достаточная защита откосов от эрозии дождевой водой (при упорядоченном отводе притекающих со стороны поверхностных вод) — создание на их поверхности устойчивого травяного покрова. Предупреждение размывов, вызываемых русловым потоком, достигается следующими способами: созданием в русле допустимых на размыв уклонов и скоростей; приданием руслу надлежащих морфометрических параметров (средней глубины и ширины поверху), при которых оно будет находиться в динамически устойчивом состоянии (см. раздел 17.2); применением соответствующих конструкций креплений (см. раздел 17.3). Уклоны уменьшают до допустимых значений на размыв посредством удлинения трассы канала или путем устройства быстротоков или перепадов, соблюдая при этом требования сопряжения в вертикальной плоскости водопроводящей сети высшего и низшего порядка.

Для предупреждения местных размывов русл каналов, подводящих воду к насосным станциям, а также в нижнем бьефе за водорегулирующими сооружениями на осушительно-увлажнительных каналах и реках-водоприемниках необходимо поддерживать соответствующий режим работы станций и эксплуатации сооружений, обеспечивающий допустимую скорость снижения уровня воды в русле.

Оползание и оплывание откосов. Откосы осушительных каналов и земляных дамб в зоне высачивания грунтовых вод подвергаются фильтрационному давлению, которое вызывает нарушение их местной устойчивости, то есть оплывание поверхностного слоя грунта. Этот процесс протекает интенсивно в мелкозернистых, пылеватых песчаных и супесчаных грунтах, особенно при их слоистом сложении и залегании у подошвы откосов плывунных грунтов. Расположенные над плоскостью выхода фильтрационного потока грунтовые массы, не имея под собой устойчивого основания, оползают в русло (бьеф сооружения), и откосы уполаживаются. Наличие оползней приводит к потере общей устойчивости откосов. Поэтому при расчете откосов необходимы оценка их местной устойчивости (см. раздел 17.2), назначение соответствующих коэффициентов заложения откосов, а также их крепление фильтрующими материалами (пористым бетоном, гравием, щебнем и

т. п.) с устройством при необходимости приоткосного дренажа (см. раздел 17.3).

Кроме того, оползни образуются в результате промерзания и оттаивания поверхностного слоя откосов в связных глинистых и суглинистых грунтах, особенно в позднеледниковых ленточных отложениях. Вследствие миграции влаги к фронту промерзания такие грунты перенасыщаются, теряют свою капиллярную связность и сопротивляемость сдвигу. Надежная защита таких грунтов от разрушения во многих случаях — одерновка или покрытие откоса слоем растительного грунта необходимой толщины.

Заиление и зарастание русла. Русла заиляются при размывах откосов и берегов (смытый с откосов грунт откладывается на дне русла), скоростях течения воды в русле, имеющих значения менее допустимых на заиление, в местах значительного уменьшения уклона дна, при внезапном увеличении живого сечения, на устьевых участках водотоков в зонах подпора от водотока высшего порядка, при транспортирующей способности принимающих водотоков ниже, чем впадающих, наличии водной и ветровой эрозии почв на прилегающих к водотоку мелиорированных землях.

Для предупреждения заиления русл необходимо предусматривать следующие мероприятия: обеспечивать надлежащую устойчивость откосов и берегов; создавать в руслах скорости, соответствующие незаиляющим; обеспечивать одинаковую по всей длине(или несколько возрастающую вниз по течению) транспортирующую способность потока; намечать преимущественно луговое использование прилегающей к водотоку территории, а вдоль рек-водоприемников и крупных каналов сохранять существующие или создавать новые лесокустарниковые полосы, защищающие их от склоновой водной и ветровой эрозии; поддерживать надлежащий технический уход за водотоками в период их эксплуатации с периодической очисткой русл от наносов; предусматривать (при необходимости) устройство воронок-водовыпусков для поступления поверхностного стока, наносоуловителей или сопрягающих сооружений в зонах подпора, местах резких уширений русл, переломов уклонов с большего на меньший; сопрягать впадающий канал с принимающим в местах слияния потоков под углом $\alpha = 20...60°$, так как при $\alpha > 60°$ имеют место большие подпоры, а при $\alpha = 90°$ они достигают максимального значения, и соответственно наблюдается наибольшее отложение наносов.

Зарастание русла, вызывающее резкое снижение его пропускной способности, происходит, как правило, в местах заиления, где ил содержит питательные вещества для растений (русла проложены в низинных торфяных грунтах, пойменных аллювиальных отложениях, супесях и суглинках). Основное мероприятие по предупреждению зарастания русла — создание в нем таких средних скоростей течения воды, при которых наблюдается движение донных наносов, не позволяющее закрепляться семенам растений. Эти скорости в меженный период должны быть не менее 0,3...0,45 м/с в мелкозернистых песчаных и супесчаных грунтах и 0,45...0,70 м/с в средне- и крупнозернистых песках, суглинках и торфах.

Откосы русл выше меженного уровня воды окашивают в период эксплуатации водотоков. Небольшой меженный расход воды сосредоточивают в узкой закрепленной донной траншее, где увеличивается глубина потока и поддерживается его скорость в выше указанных пределах. Возможность зарастания русла снижается также своевременной (механизированной) очисткой русла от ила, бузы, растительных остатков, исключением сброса в русло сточных вод.

Дополнительные мероприятия по предупреждению зарастания русл — различные приемы по их затенению: древесно-кустарниковые посадки вдоль широких каналов, покрытие поверхности откосов черной полиэтиленовой пленкой и т. д.

17.2. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ РУСЛ

Под устойчивостью русла понимают способность русла сохранять свои размеры, форму и плановое положение под воздействием водного и фильтрационного потоков, а также атмосферных факторов, или, другими слова-

ми, способность русла противостоять деформациям. В зависимости от характера основных действующих на русло сил оценивают дифференцированно устойчивость русла к размыву русловым потоком, фильтрационному давлению, эрозии, вызываемой поверхностными (дождевыми или талыми) водами.

Для выполнения расчетов устойчивости русл определяют следующие основные расчетные характеристики грунтов: γ — плотность частиц грунта, кг/м³; γ_c, $\gamma_в$ — средняя плотность грунта соответственно в сухом и насыщенном водой состоянии, кг/м³; n, ε — пористость, коэффициент пористости грунта; φ, f — угол (град), коэффициент внутреннего трения грунта в воде; k — коэффициент фильтрации грунта, м/с; $c_р$ — расчетное удельное сцепление грунта в воде при разрыве, ГПа; гранулометрический состав грунта с построением кривой распределения частиц по крупности, с которой снимают d_{10}, d_{50}, d_{85}, d_{90} — диаметры (м) зерен, мельче которых в грунте содержится частиц соответственно 10, 50, 85, 90% по массе. По приведенным характеристикам рассчитывают среднюю плотность грунта во взвешенном водой состоянии $\gamma_1=(\gamma-\gamma_0)(1-n)$, или $\gamma_1=(\gamma-\gamma_0)/(1+\varepsilon)$, где γ_0 — плотность воды, кг/м³.

Для связных грунтов, кроме того, определяют число пластичности $I_р$ и показатель консистенции I_L.

Ориентировочные значения угла внутреннего трения приведены в СНиП II-15—74. Для целей расчета устойчивости русл рек и каналов сопротивление грунтов сдвигу и сцепление $c_р$ следует оценивать только по результатам испытаний.

Расчет устойчивости русл к размыву. Различают статическую и динамическую устойчивость русла к размыву. При статической устойчивости (статическое равновесие) русла поперечный и продольный профили его практически не изменяются во времени, движение наносов отсутствует. В динамически устойчивом русле (динамическое равновесие) происходит сбалансированный грунтообмен между потоком и ложем и сооответственно обратимый процесс переформирования русловых образований, но при этом основные морфометрические параметры русла — ширина поверху и средняя глубина — сохраняются. В практике получили применение приближенные полуэмпирические формулы оценки устойчивости русла: допустимых (неразмывающих) скоростей; допустимой (критической) влекущей силы; подобия (критериальные и морфометрические зависимости). Формулы для допустимых скоростей применяют главным образом для оценки устойчивости дна русла. В проектировании используются формулы неразмывающих скоростей Ц. Е. Мирцхулавы (см. раздел 15.3 и СНИП II-52—74).

Устойчивость дна широких русл к размыву приближенно можно оценить по критерию $\eta_у$ Лохтина-Великанова $\eta_у=d/(HI)$ или по обратной ему величине $f_д=HI/d$, называемой критерием подвижности дна (d — средний диаметр (м) зерен грунта на дне русла; H, I — соответственно глубина (м) и уклон руслоформирующего потока). По данным А. Ф. Печкурова, при $f_д=0{,}08...0{,}09$ имеет место начало влечения отдельных зерен грунта, $f_д=0{,}16...0{,}18$ — начало образования донных гряд, $f_д=f$ (f — коэффициент внутреннего трения грунта в воде) — интенсивное передвижение донных наносов, $f_д=1$ — начало взвешивания грунта, $t_д<1$ ($\eta_у<1$) происходит интенсивный размыв грунта, то есть русло неустойчиво. Для русл трапецеидального сечения в несвязных и слабосвязных грунтах (при расходах воды $Q<50$ м/с³) устойчивость к размыву можно определить по критериям Э. И. Михневича:

для откоса

$$\eta_{доп}=\frac{\gamma_1}{\psi\gamma_0}\ \frac{d}{HI}\sqrt{f^2-\frac{1}{m^2}+\frac{c_р}{\gamma_1 d}\left(2f+\frac{c_р}{\gamma_1 d}\right)}, \qquad (17.1)$$

для дна

$$\eta_{кр}=\frac{\gamma_1 df+c_р}{\psi_1\gamma_0 HI}, \qquad (17.2)$$

максимально допустимые уклоны при $\eta_{доп}=1$ и $\eta_{кр}=1$ будут:

для откоса

$$I_{доп}=\frac{\gamma_1}{\psi\gamma_0}\frac{d}{H}\sqrt{f^2-\frac{1}{m^2}+\frac{c_p}{\gamma_1 d}\left(2f+\frac{c_p}{\gamma_1 d}\right)}, \qquad (17.3)$$

для дна

$$I_{кр}=\frac{\gamma_1 df+c_p}{\psi_1\gamma_0 H}, \qquad (17.4)$$

где $\eta_{доп}$ — критерий устойчивости поперечного сечения русла; $\eta_{кр}$ — критерий устойчивости дна; d — расчетный диаметр (м) зерен грунта соответственно на откосе или на дне, принимаемый равным для песчаных грунтов диаметру d_{85} (крупная фракция), для связных — размеру агрегатов (по Ц. Е. Мирцхулаве, $d=0{,}003...0{,}004$ м); m — коэффициент заложения откоса; ψ, ψ_1 — коэффициенты, учитывающие влияние параметра b/H на удельную влекущую силу соответственно на откосе и дне русла:

$$\psi=0{,}8+0{,}1\sqrt{b/H} \text{ при } b/H\leqslant 4; \qquad \psi=1 \text{ при } b/H>4;$$

$$\psi_1=0{,}550+0{,}265\sqrt[3]{b/H} \text{ при } b/H\leqslant 4; \qquad \psi_1=1 \text{ при } b/H>4;$$

b — ширина (м) русла по дну; HI — соответственно максимальная глубина (м) и уклон руслоформирующего потока.

Поперечное сечение русла будет устойчивым к размыву при $\eta_{доп}>1$ или при $I<I_{доп}$ и соответственно дно будет устойчивым при $\eta_{кр}>1$ или при $I<I_{кр}$. При содержании в воде глинистых (коллоидных) наносов более 0,1 кг/м³ значения $I_{доп}$ могут быть увеличены в 1,3 раза, а $I_{кр}$ — в 1,5 раза.

Для регулированных путем спрямления русл рек-водоприемников, проходящих в песчаных грунтах, с расходом воды $Q>20$ м³/с, рекомендуются следующие морфометрические зависимости (Э. И. Михневич) для определения ширины поверху B и средней глубины $H_c=\omega/B$ динамически устойчивого русла:

$$B=I^{1/7}\left(\frac{Q}{C}\right)^{4/7}\left(\frac{\lambda_c\gamma_0}{\gamma_1 df+c_p}\right)^{3/7}, \qquad (17.5)$$

$$H_c=\frac{1}{I^{3/7}}\left[\frac{Q(\gamma_1 df+c_p)}{\lambda_c\gamma_0 C}\right]^{2/7}, \qquad (17.6)$$

где I, Q — соответственно уклон и расход (м³/с) руслоформирующего потока (русло работает полным сечением); λ_c — коэффициент стабилизации русла; его среднее значение для регулированных русл рек с расходом $Q=20...50$ м³/с принимают $\lambda_c=7$ и для $Q=50...100$ м³/с $\lambda_c=8{,}2$ при использовании в качестве расчетного диаметра $d=d_{85}$ (крупная фракция) и соответственно $\lambda_c=4{,}6$ и $\lambda_c=5{,}4$, когда принимают $d=d_{50}$; для устойчивых участков русл равнинных рек получено приближенное значение $\lambda_c=Q^{0{,}42}$ для $d=d_{50}$; C — скоростной коэффициент, м$^{0{,}5}$/с; для русл, формирующихся в песчано-гравелистых отложениях (при отсутствии данных измерений), можно определить приближенно по экспериментальной формуле А. Д. Альтшуля:

$$C=\frac{14{,}8}{I^{1/6}}-26. \qquad (17.7)$$

При значениях B и H_c, рассчитанных по приведенным выше формулам, будет обеспечена динамическая устойчивость русла и его пропускная способность для заданного расхода Q.

Максимально допустимый на размыв уклон $I_д$ для русл динамического равновесия (при $B/H_c=10...25$ и $Q<100$ м³/с) можно определить по формуле

$$I_д=\frac{B}{H_c^2}\cdot\frac{\gamma_1 df+c_p}{\lambda_c\gamma_0}. \qquad (17.8)$$

Если расчетные морфометрические параметры русла (большая ширина и малая глубина) не обеспечивают самотечный сброс воды из системы, то принимают глубину, требуемую из условий сопряжения сети в вертикальной плоскости, а для предохранения проектного сечения от размыва (при глубине H, превышающей допустимую $H_{доп}$) откосы крепят. Допустимую глубину $H_{доп}$ определяют по формуле

$$H_{доп}=\frac{\gamma_1 d}{\psi\gamma_0 I}\sqrt{f^2-\frac{1}{m^2}+\frac{c_p}{\gamma_1 d}\left(2f+\frac{c_p}{\gamma_1 d}\right)}. \qquad (17.9)$$

Выбор формы русла. Форму русла выбирают в соответствии с грунтовыми условиями, его максимальной глубиной H, а также расчетным расходом Q.

Поперечное сечение открытых коллекторов и магистральных каналов, проложенных в однослойных грунтах с расходом воды в русле $Q<10$ м³/с и глубиной $H<2{,}5$ м, делают, как правило, трапецеидальным (рис. 17.1, *а*). Коэффициент m заложения откосов принимают по таблице 15,3, а затем его проверяют расчетом на местную устойчивость к размыву русловым потоком по формуле (17.1) или (17.3) и оплыванию под действием фильтрационного давления грунтовых вод по формуле (17.20). Если по расчету откосы с принятым коэффициентом m неустойчивы, то их уполаживают или чаще всего закрепляют.

Магистральные каналы и регулируемые русла малых рек с расходом воды $Q=10...25$ м³/с и глубиной $H<3{,}5$ м можно проектировать с трапецеидальным поперечным сечением тогда, когда русла проходят в крупнозернистых грунтах или в средне- и мелкозернистых, у которых имеется крупная фракция $d\geqslant 1...2$ мм не менее 10...15% по массе; в мелкозернистых и пылеватых песчаных грунтах при таких Q чаще всего создают русла параболического (рис. 17.1, *б*) или косинусоидального (рис. 17.1, *е*) профиля и близкого к нему полигонального (рис. 17.1, *в*). Полигональный или комбинированный (в верхней части откосов трапецеидальный, в нижней — параболический) профиль (рис. 17,1, *г*) придают руслу также в тех случаях, когда оно проходит в слоистых грунтах: каждому слою грунта соответствует свой коэффициент m заложения откоса, определяемый по расчету. При параболическом профиле русла для каждого слоя

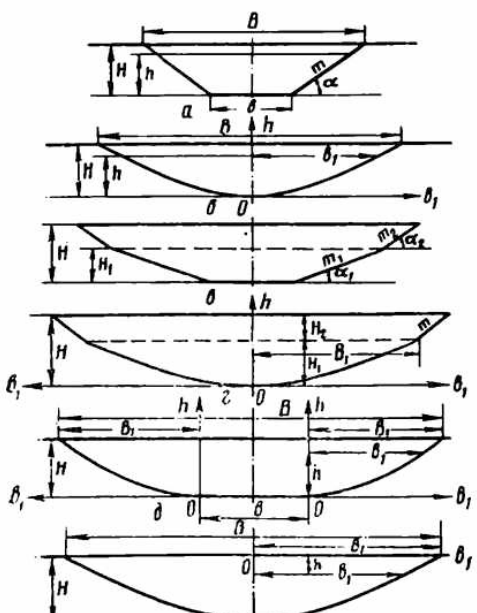


Рис. 17.1. Поперечные профили русла:

а — трапецеидальный; *б* — параболический; *в* — полигональный; *г* — комбинированный; *д* — параболический с донной вставкой; *е* — косинусоидальный.

грунта определяют соответствующий его свойствам и глубине залегания параметр p параболы. Если коэффициент m назначают, исходя из расчетных характеристик наиболее неустойчивого слоя грунта, или откосы крепят, то им можно придавать одинаковое заложение по всей высоте.

Русла крупных водопроводящих каналов и регулируемых рек-водоприемников с расходом воды $Q>25...100$ м³/с проектируют, как правило, параболического сечения с горизонтальной донной вставкой (рис. 17.1, *д*). Такие русла рассчитывают на динамическое равновесие: их ширину поверху B и среднюю глубину H_c определяют по приведенным выше морфометрическим зависимостям (17.5)...(17.7). Текущие ординаты (значения ширины ветви b_1 при соответствующих глубинах h) параболы с началом координат в ее вершине (рис. 17.1, *д*) находят из уравнения параболы:

$$b_1 = \sqrt{2ph}, \tag{17.10}$$

где p — параметр параболы, определяемый из условия устойчивости откоса,

$$p = 2Hm^2, \tag{17.11}$$

где для связных грунтов

$$m \geqslant \frac{1}{f + c_p/(\gamma_1 d)};$$

для несвязных грунтов (без учета сцепления)

$$m \geqslant 1/f. \tag{17.12}$$

С учетом значения p уравнения параболы из условия минимальной устойчивости соответственно будет

$$b_1 = \frac{2}{f + c_p/\gamma_1 d}\sqrt{Hh} \tag{17.13}$$

и при $c_p = 0$

$$b_1 = \frac{2}{f}\sqrt{Hh}. \tag{17.14}$$

Максимальную глубину русла H при известной площади поперечного сечения $\omega = BH_c$, получаемой из расчета по морфометрическим зависимостям (17.5) и (17.6), определяют по формуле

$$H = \frac{B - \sqrt{B^2 - 16/(3m\omega)}}{8/3m}. \tag{17.15}$$

Задаваясь рядом значений h в пределах от 0 до H, получаем по формуле (17.13) или (17.14) соответствующие им значения b_1, изменяющиеся от 0 до B_1 (см. рис. 17.1, *д*).

Длина донной вставки $b = B - 2B_1$, где B — ширина (м) устойчивого русла поверху по формуле (17.5); B_1 — максимальная ширина (м) ветви параболы.

Площадь параболического сечения с донной вставкой, определяемая по формуле:

$$\omega = H\left(\frac{4}{3}B_1 + b\right), \tag{17.16}$$

равна площади, получаемой из расчета по морфометрическим зависимостям, то есть $\omega = BH_c$.

При $B<2B_1$ проектируют поперечное сечение трапецеидальной или полигональной формы. Если ширина русла $B<4mH$ и при этом условия неадекватны созданию трапецеидального профиля, то при $B>2B_1'$ сечение

строят по косинусоиде, а при $B<2B_1'$ по параболе с параметров $p=b^2/8H$, то есть по уравнению

$$b_1 = \frac{B}{2}\sqrt{\frac{h}{H}}, \qquad (17.17)$$

где $H=1{,}5\ H_c$.

Уравнение косинусоиды с началом координат, отстоящим от уреза воды на расстоянии B_1' (рис. 17.1, *е*), для несвязных грунтов, по В. Т. Чоу, имеет вид

$$h = H\cos\left(\frac{f}{H}\,b_1\right), \qquad (17.18)$$

где угол под знаком косинуса измеряется в радианах и преобразуется в градусы путем умножения на величину $180/\pi$, то есть на 57,3. Ширину B_1' определяют при $h=0$ по уравнению

$$B_1' = H\pi/(2f). \qquad (17.19)$$

Для повышения устойчивости регулируемых рек, поймы которых планируется использовать под луговые угодья с регулируемым затоплением и расчетные расходы для которых определяют на большие обеспеченности, целесообразно устраивать русло сложного сечения. Морфометрические параметры уширенной верхней части (так называемой искусственной поймы) вычисляют на пропуск половодий и паводков. В нижней части сечения располагается неглубокое русло, рассчитываемое на пропуск меженных расходов воды.

Расчет местной устойчивости откосов в зоне выхода грунтового потока. При проектировании мелиоративных каналов и земляных дамб коэффициент m заложения откосов, как правило, выбирают по СНиП в зависимости от их высоты H и вида грунта (можно руководствоваться табл. 15.3). В песчаных грунтах эти значения оказываются чаще всего в пределах $m=1{,}2/f...1{,}5/f$. Если высота откоса $H<4...5$ м, то такое заложение обеспечивает его общую устойчивость и расчеты ее не требуются. Песчаные откосы, через которые высачиваются грунтовые воды, необходимо рассчитывать (при любой их высоте) на местную устойчивость к действию фильтрационного давления, создаваемого грунтовым потоком. Местная устойчивость откоса будет обеспечена в том случае, когда принятый коэффициент $m_п$ будет не менее допустимого расчетного m или когда высота $h_в$ высачивания грунтовых вод на откос не будет превышать допустимое значение $h_{в.д}$ для данного грунта и принятого коэффициента $m_п$. Если $m_п<m$ ($h_в>h_{в.д}$), то коэффициент $m_п$ увеличивают до значения m (практически m назначают не более 2,5...3,5) или чаще всего устойчивость откосов обеспечивают с помощью фильтрующих креплений, параметры которых определяют по расчету (раздел 17.3).

Для определения коэффициента m заложения песчаного откоса, устойчивого в зоне продолжительного высачивания грунтового потока, можно использовать следующую полуэмпирическую зависимость (проверена на опытных данных при $f=0{,}55...0{,}72$ и диаметре $d_{90}=0{,}15...1$ мм):

$$m = \frac{\gamma_1 d_{90} + 0{,}002\gamma_0 h_в}{\gamma_1 d_{90} f + c_р}, \qquad (17.20)$$

где d_{90} — диаметр (м) крупных частиц, мельче которых в грунте содержится частиц 90% по массе; остальные обозначения приведены выше.

Высоту $h_в$ высачивания грунтовых вод на откос в однослойных грунтах (рис. 17.2, *а*) можно рассчитать по зависимостям Э. М. Михневича, Г. К. Михайлова и др.

Э. И. Михневичем построены номограммы (рис. 17.3) для определения высоты $h_в$ при $H=2{,}0$; 2,5; 3,0 м.

При отсутствии непосредственных измерений $h_в$, что обычно имеет место на стадии проектирования, местную устойчивость фильтрующего откоса оценивают, задаваясь некоторым значением m, в первом приближении для каналов его можно определить по формуле (17.20) при ориентировочных $H_к=1{,}5...2$ м, $h_в \approx 0{,}3...0{,}5$ м; $H_к=2...2{,}5$, $h \approx 0{,}5...0{,}7$ м и $H_к=2{,}5...3{,}5$ м, $h_в \approx 0{,}70...1{,}2$ м.

Каналы осушительно-увлажнительных и польдерных систем работают в условиях переменного уровня воды в русле. При сбросе воды через водовыпуски водоподпорных сооружений или при ее откачке насосными станциями на откосах образуется зона высачивания грунтовых вод (рис. 17.2, *б*). В этой зоне возникает гидродинамическое давление неустановившегося фильтрационного потока, которое нарушает местную устойчивость незакрепленного откоса в тех случаях, когда скорость снижения уровня воды в русле (бьефе сооружения) превышает максимально допустимую. Напротив, при медленном сбросе воды из канала (бьефа) кривая депрессии будет синхронно следовать за снижающимся уровнем воды, высота $h_в$ будет меньше допустимой, и откосы не деформируются. Полностью эти вопросы еще не разработаны.

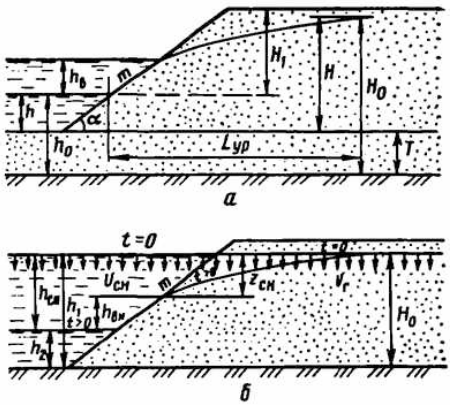


Рис. 17.2. Схема высачивания на откос фильтрационного потока:
а — установившегося; *б* — неустановившегося.

На рисунке 17.4 приведена номограмма при $k/\mu=1$, $m=2$; 2,5 и 3 для песчаных откосов. Действительную допустимую скорость $v_{св.д}$ получают путем умножения безразмерной ординаты $v'_{св.д}$ на отношение k/μ. Увеличение глубины $h_{сн}$ существенно уменьшает $v_{св.д}$. Поэтому снижение уровня воды небольшими ступенями повышает устойчивость откосов и может осуществляться с большими скоростями $v_{сн}$.

На надводной части откосов предусматривают биологическую или биохимическую защиту (в последние годы гидропосев) от эрозионного воздействия поверхностных и дождевых вод и других метеорологических факторов. Чтобы исключить воздействие на откосы поверхностного склонового стока, его обычно упорядочивают. Поэтому расчет местной устойчивости откосов в этом случае, как правило, не требуется.

17.3. СПОСОБЫ И КОНСТРУКЦИИ КРЕПЛЕНИЙ

Если по расчету русла оказываются неустойчивыми к размыву или фильтрационному давлению, то их крепят. При выборе способа и конструкции крепления исходят из характера и величины действующих на откос сил, грунтовых условий, гидрологического и гидравлического режима работы водотока или сооружения, а также из наличия материалов и средств механизации для их изготовления и устройства.

В зависимости от применяемых материалов можно выделить пять основных видов креплений (табл. 17.1).

Эффективность крепления фильтрующих откосов повышается при устройстве приоткосного дренажа. При действии на откос комплекса сил одна и та же конструкция крепления может одновременно выполнять несколько функций. Например, плиты из пористого бетона (см. табл. 17.1) предохраняют откосы от оплывания при воздействии фильтрационного давления и защищают их от размыва.

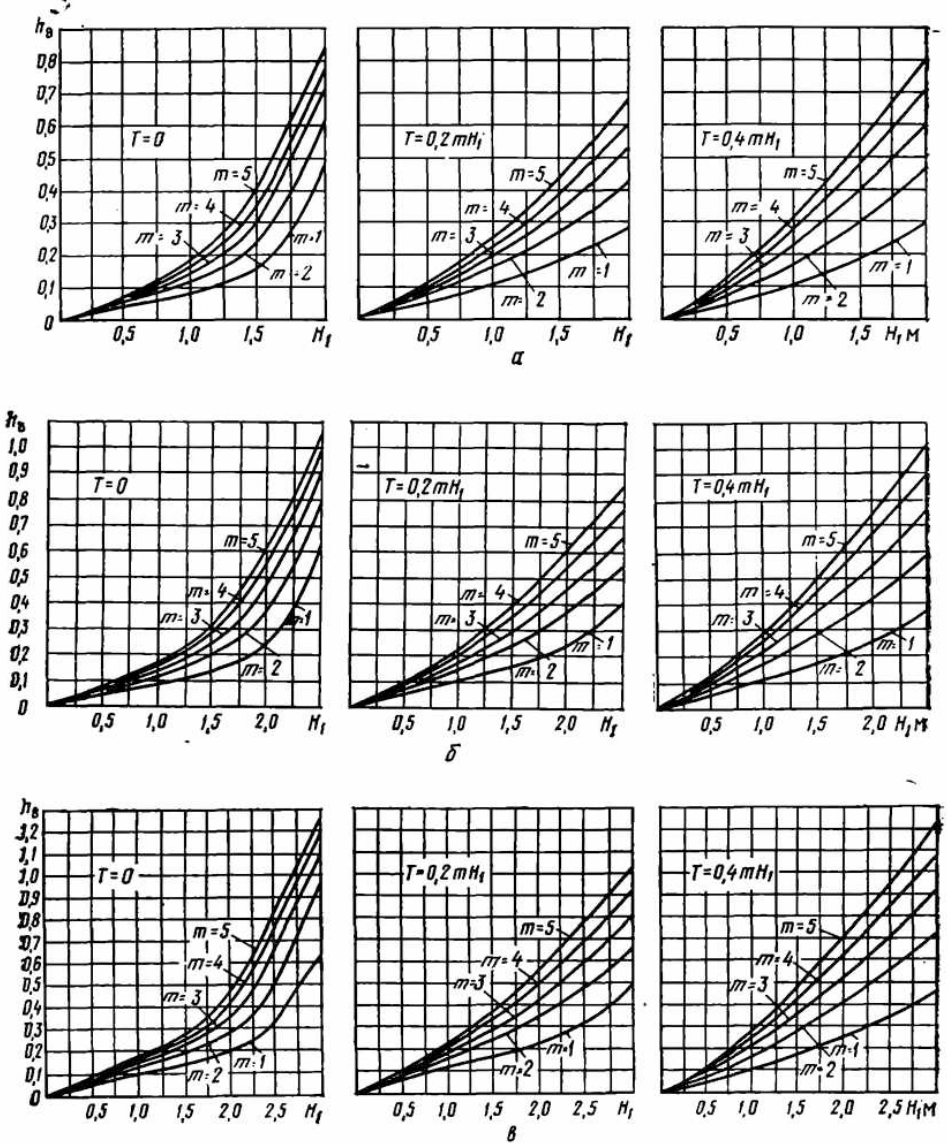


Рис. 17.3. Номограмма для определения высоты $h_в$ высачивания грунтовых вод на откос высотой:

а, б и в **— соответственно 2,0; 2,5 и 3,0 м.**

Наибольшее распространение получили крепления из местных материалов: плетни, фашины (хворостяные канаты), одерновка, а также наброска (пригрузка) из камня, щебня и гравия.

Общие принципы проектирования и условия применения креплений следующие.

Более капитальные типы креплений — железобетонные (решетчатые, ячеистые, пористые, ребристые) плиты, лотки, заборные и дренирующие

17.1. Классификация креплений

Вид	Тип конструкции	Назначение
Биологические и биохимические	Одерновка, залужение откосов (гидропосев), пригрузка растительным грунтом или торфокрошкой, дерново-травяные ковры и др.	Предупреждают развитие эрозии откосов при воздействии дождевых (поверхностных) вод, температурных и других атмосферных факторов. Защищают периодически затапливаемую зону от размыва паводковыми водами при скоростях $v \leqslant 1{,}0...1{,}5$ м/с. Повышают устойчивость к действию безнапорного грунтового потока
Древесно-хворостяные	Плетневые стенки, фашины (хворостяные канаты), жердевые и дощатые щиты, тюфяки и др.	Предохраняют меженное русло от размыва и оплывания
Каменные	Каменная наброска или отмостка, пригрузка из гравия, щебня или сцементированных грунтовых агрегатов и др.	Защищают русло от размыва водным потоком при скоростях, не превышающих допустимые для данной крупности частиц, а также откосы от оплывания
Бетонные и железобетонные	Плиты, упорные блоки, лотки различной конструкции из плотного (фильтрующего) бетона и др.	Защищают откосы от размыва и оплывания при высоких скоростях воды в русле и фильтрационном давлении, а также от разрушения волнами. Пористые плиты обеспечивают свободный выход грунтовых вод в русло и обратное движение воды из канала в почву при увлажнении
Полимерные и стекловолокнистые	Фильтрующие ткани с пригрузочными карманами, пластмассовые перфорированные ленты и др.	Защищают откосы от оплывания и размыва

стенки, каменную наброску — назначают на подводную часть откоса и зону высачивания грунтовых вод, где русло подвергается наибольшим деформациям под воздействием наземного и грунтового потоков. В сухой периодически затапливаемой во время паводков зоне откоса при скорости воды в русле $v < 1{,}2...1{,}5$ м/с достаточно залужение ее многолетними травами с внесением необходимого количества удобрений и обогащением растительным грунтом. Эффективным здесь является гидропосев с нанесением на поверхность откоса мульчирующих и пленкообразующих веществ, предохраняющих его от водной и ветровой эрозии.

При грунтово-напорном и интенсивном грунтовом питании (высота высачивания $h_в \geqslant 0{,}5$ м) приоткосную полосу русла дренируют, в результате чего уменьшаются зона высачивания грунтовых вод и создаваемое ими гидродинамическое давление.

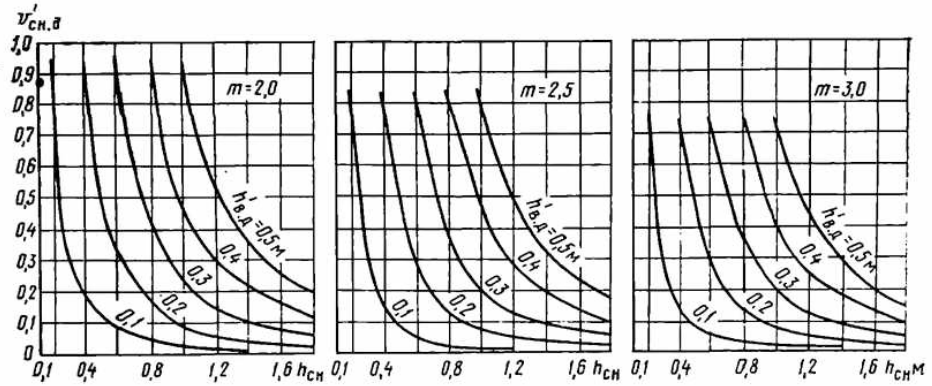


Рис. 17.4. Номограмма для определения приведенной допустимой скорости снижения уровня воды в русле (бьефе).

В глубоких руслах ($H \geqslant 3...4$ м) устойчивость откосов при пропуске высоких вод можно повысить устройством выше их уровня креплений бермы шириной

$$Б = \frac{H - h_к}{m}\left(\frac{2,2}{f} - m\right), \qquad (17.21)$$

где $h_к$ — высота крепления, м.

В устойчивых грунтах, не подвергающихся оплыванию при наличии естественной отмостки из крупнозернистой фракции $d \geqslant 1...2$ мм в количестве 10...15% по массе, а также в связных минеральных и торфяных грунтах коэффициент закрепленного откоса устанавливают $m = (1...1,2)\operatorname{ctg}\varphi$, в неустойчивых мелкозернистых плывунных грунтах и в местах интенсивного высачивания грунтовых вод ($h_в \geqslant 0,5$ м) откосы закрепляют фильтрующими материалами с коэффициентом заложения $m \geqslant (1,2...1,5)\operatorname{ctg}\varphi$, при устройстве приоткосного дренажа $m = 1,2\ \operatorname{ctg}\varphi$, где φ — угол внутреннего трения грунта в воде.

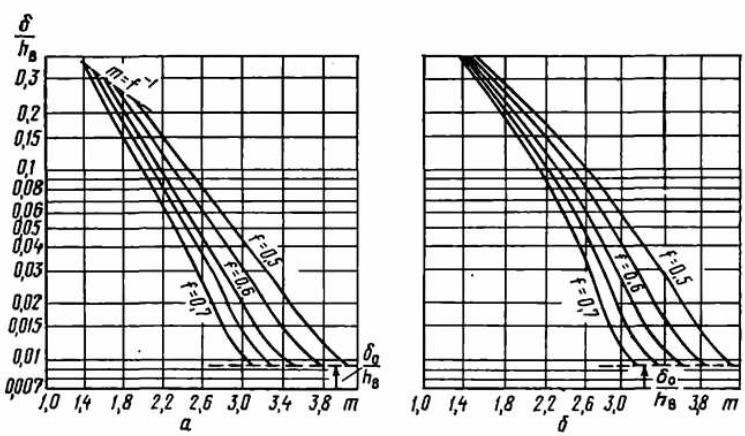


Рис. 17.5. График для определения толщины фильтрующей пригрузки откоса в зоне высачивания грунтовых вод:
а — при $m_1 = m$; *б* — при $m_1 = f^{-1}$.

При скорости паводковых вод в русле менее 1,2...1,5 м/с высоту конструкции крепления осушительных каналов $h_к$ назначают как сумму глубины русла до уровня меженных вод 50%-ной повторяемости $h_м$ и расчетной высоты высачивания грунтовых вод над этим уровнем $h_в$ с учетом запаса 0,1 м: $h_к = h_м + h_в + 0{,}1$ м. Выше откосы залужают. При $v > 1{,}2...1{,}5$ м/с крепят все сечение русла. На закруглении или увеличивают ширину русла, или тщательно укрепляют вогнутый берег. Длину участков крепления в узлах слияния потоков определяют расчетом.

Поверхностный сток воды в русло с прилегающей территории упорядочивают. Для этого в сторону от бровки русла создают поперечные уклоны, вдоль бровок каналов на расстоянии не менее 1,5 м от них проектируют борозды-собиратели, из которых воду в канал выпускают через закрепленные приемные воронки или дрены.

При интенсивном высачивании грунтовых вод и размывающем действии руслового потока в водонасыщенных мелкозернистых песчаных и плывунных грунтах, а также при слоистом залегании грунтов для крепления каналов применяют конструкции (плиты, дренирующие водоподпорные стенки) из фильтрующего (пористого) бетона.

В однослойных песчаных грунтах допускается пригрузка откосов сыпучими крупнозернистыми материалами (щебнем, гравием, галькой), толщину (рис. 17.5) слоя которых и их крупность рассчитывают. Если крупность применяемых материалов ниже расчетной, то их отсыпают в карманы из фильтрующих стекловолокнистых или синтетических тканей.

Для крепления донной траншеи, по которой пропускают меженный русловой поток, применяют плетневые, заборные стенки, а также дренирующие конструкции из пористого бетона или перфорированной пластмассовой ленты.

Перспективны конструкции креплений нижней части откосов с применением фильтрующего и обычного бетона, крупнозернистых, полимерных стекловолокнистых и биохимических материалов, а также приоткосного дренажа. Например, плиты из пористого (фильтрующего) бетона, на откос без обратного фильтра. Они не создают подпора грунтовым водам, обеспечивая их свободный выход в русло канала. Срок службы их 25...50 лет.

Определение длины деформируемых участков русл рек и каналов в зоне их соединения, выбор и расчет креплений проводят по рекомендациям **БелНИИиВХ.**

Глава 18. ОСУШЕНИЕ С МАШИННЫМ ВОДООТВОДОМ

Осушение с машинным водоотводом применяют в случаях, когда расчетный уровень воды в устьевой части осушительной системы бывает ниже естественного или подпертого уровня воды в водоприемнике, а искусственное понижение этого уровня либо технически невозможно (например, море), либо в экономическом, экологическом и народнохозяйственном отношении нецелесообразно (например, реки, озера).

Машинное и польдерное осушение — это не тождественные понятия: польдер может быть без машинного осушения, а машинное осушение может применяться в непольдерных условиях. На современном уровне развития сельскохозяйственного производства все пойменные и низинные польдеры строят с машинным водоотводом.

Польдерное осушение с машинным водоотводом должно обеспечивать: защиту территории от расчетного затопления и подтопления; отвод избыточных вод (поверхностных, грунтовых, паводковых) в расчетные сроки; перехват поверхностных и грунтовых вод, притекающих извне; оптимальные уровни грунтовых вод для возделываемых сельскохозяйственных культур в разные периоды года; максимальное сохранение и улучшение водных ландшафтов, флоры и условий для обитания водной фауны.

18.1. ТИПЫ ПОЛЬДЕРОВ

В зависимости от водоприемника и свойственного ему гидрологического (паводкового) режима польдеры подразделяют на три вида: приморские, если водоприемником служит море; пойменные, когда водоприемником служит река; низинные (приозерные, приводохранилищные).

В зависимости от высоты оградительных дамб и обусловленного ими гидрологического режима польдеры подразделяют на два типа: незатопляемые (зимние); затопляемые (летние).

Незатопляемые (зимние) польдеры ограждают дамбами, исключающими затопление защищаемой территории годовыми максимальными паводками расчетной обеспеченности (0,5...1,0%). Такие польдеры могут быть с регулируемым весенним затоплением для весенних влагозарядковых поливов.

Затопляемые (летние) польдеры ограждают дамбами, защищающими обвалованные земли от затопления максимальными паводками вегетационного периода расчетной обеспеченности (5...10%). Эти польдеры устраивают только на речных поймах с достаточным естественным удобрением наносами, поступающими с весенними паводками, при таком использовании обвалованных земель, которое допускает затопление (отсутствуют жилые и производственные постройки, не проводится посев озимых зерновых культур и др.).

К недостаткам затопляемых польдеров относятся: возможное затопление обвалованной площади во время вегетационного периода, что приносит большой ущерб урожаю, засорение польдерных земель разным мусором и песком во время ежегодного весеннего затопления, затягивание весенних паводков и сокращение продолжительности вегетационного периода и др.

Преимуществами затопляемых (летних) польдеров по сравнению с незатопляемыми (зимними) являются: введение в сельскохозяйственное про-

изводство большей части пойменных земель, так как не требуется отчуждения площади для пропусков максимальных паводков; уменьшение трудо- и энергозатрат, строительных расходов; более быстрые (на 5...7 сут) оттаивание и прогревание почвы в результате весеннего затопления, а после схода паводка и ее созревание (особенно важно в зонах глубокого промерзания почвы).

18.2. СОСТАВ И ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПОЛЬДЕРНЫХ СИСТЕМ

В состав польдерной системы входят: внешние оградительные дамбы, устраиваемые со стороны поступления внешних вод, а также внутренние дамбы, разделяющие польдер на отдельные участки и не допускающие затопления всего польдера при прорыве оградительной дамбы. Дамбы могут располагаться по кольцу или только с одной стороны польдера, примыкая к незатопляемой террасе; сооружения для принудительных (насосные станции) или самотечных (шлюзовые ворота, водовыпуски) сбросов и подачи воды, которые строят отдельно или в одном комплексе; сооружения электроснабжения, связи и автоматики; регулирующий резервуар (бассейн) при насосной станции, для выравнивания режима работы насосных агрегатов; магистральный канал, проводящая и регулирующая сеть (осушительная и увлажнительная) и сооружения на ней; оградительные (нагорные, ловчие и нагорно-ловчие и береговые) каналы и дрены, перехватывающие поверхностные и грунтовые воды, поступающие на польдер с прилегающих водосборов и обвалованного водоприемника; водоотводящий канал, соединяющий насосную станцию с водоприемником; дороги и дорожные сооружения; эксплуатационные сооружения и жилищно-бытовые здания.

В зависимости от конкретных природных условий схема польдерной системы может включать все эти элементы или только часть их.

Схемы польдерных систем зависят от характера обвалования, наличия или отсутствия машинного водоотвода и расположения насосных станций на обвалованной территории.

По характеру обвалования выделяются две схемы польдерных систем: кольцевая, замкнутая (рис. 18.1); боковая, односторонняя (рис. 18.2).

Кольцевую схему применяют на пойменных польдерах. На затапливаемых (летних) польдерах ее используют для защиты жилых и производственных центров. Боковую схему применяют при всех видах польдерных систем.

Вода с польдерной системы может отводиться машинным водоподъемом (рис. 18.1) и самотеком (рис. 18.2).

Самотечный водосброс предусматривается на приморских польдерах, действующих в условиях приливов и отливов, и на поймах в верховьях рек, где паводки бывают кратковременными. При такой схеме предусмат-

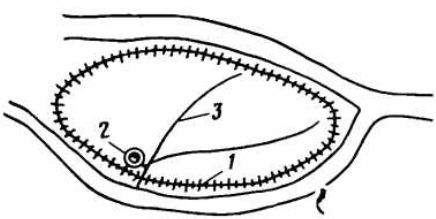


Рис. 18.1. Кольцевая (замкнутая) схема пойменной польдерной системы с машинным водоподъемом:

1 — оградительная дамба; *2* — насосная станция; *3* — магистральный канал.

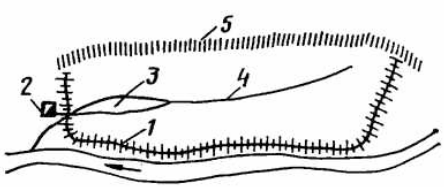


Рис. 18.2. Схема пойменного польдера с односторонним обвалованием и с самотечным водосбросом:

1 — оградительная дамба; *2* — шлюз; *3* — емкость для внутреннего стока во время паводка; *4* — магистральный канал; *5* — надпойменная терраса.

Продольный разрез по магистральному каналу

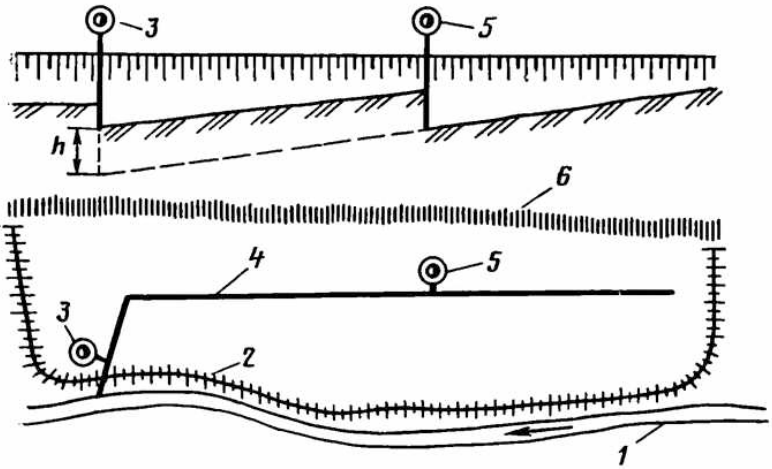


Рис. 18.3. Схема пойменного польдера с двумя последовательно расположенными насосными станциями:

1 — река (водоприемник); *2* — оградительная дамба; *3* — насосная станция второго подъема; *4* — магистральный канал; *5* — насосная станция первого подъема; *6* — надпойменная терраса.

ривают шлюзы в дамбах и внутрипольдерные емкости для сбора внутреннего стока во время паводка.

В зависимости от числа насосных станций на обвалованной территории выделяют польдерные системы: с одной насосной станцией; с несколькими насосными станциями.

При наличии на одном польдере нескольких насосных станций они могут быть расположены по трем схемам: последовательной (рис. 18.3); обособленной (рис. 18.4); участковой (рис. 18.5).

Последовательную и обособленную схемы применяют на длинных и узких пойменных польдерах в целях избежания заглубления нижней части магистрального канала, а следовательно, и увеличения высоты водоподъема. Выбор той или другой схемы определяется технико-экономическими расчетами.

При севооборотах с культурами, предъявляющими разные требования

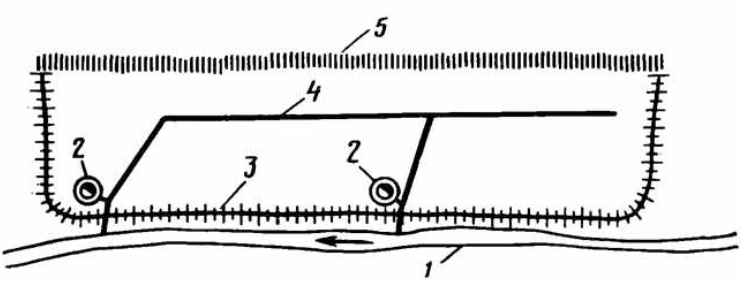


Рис. 18.4. Схема пойменного польдера с двумя обособленными насосными станциями:

1 — река (водоприемник); *2* — насосные станции; *3* — оградительная дамба; *4* — магистральный канал; *5* — надпойменная терраса.

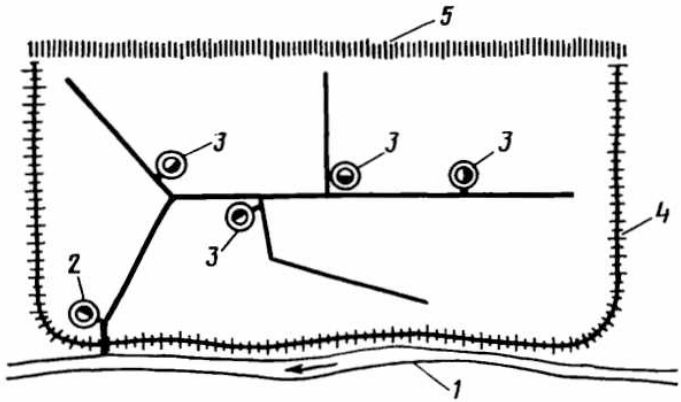


Рис. 18.5. Схема польдера с участковыми насосными станциями:
1 — река (водоприемник); *2* — головная насосная станция; *3* — участковые насосные станции; *4* — оградительная дамба; *5* — надпойменная терасса.

к водному режиму, целесообразно применять одну головную и несколько участковых насосных станций.

В поймах крупных рек, когда дамбы незатопляемого польдера размещаются не ближе 1 км от русла, целесообразно между незатопляемым (зимним) польдером и руслом предусмотреть затопляемый (летний) польдер — совмещенный незатопляемый и затопляемый польдер с одной насосной станцией (рис. 18.6). Совмещенные польдерные системы имеются в Белорусском Полесье. Внутрипольдерный паводок на незатопляемом польдере проходит раньше, чем на затопляемом. Поэтому часть насосного оборудования на незатопляемом польдере бывает свободной, и его можно использовать для откачки послепаводковых вод с затопляемого польдера. Такое совмещение позволяет повысить коэффициент использования насосного оборудования и уменьшить расходы на строительство насосной станции.

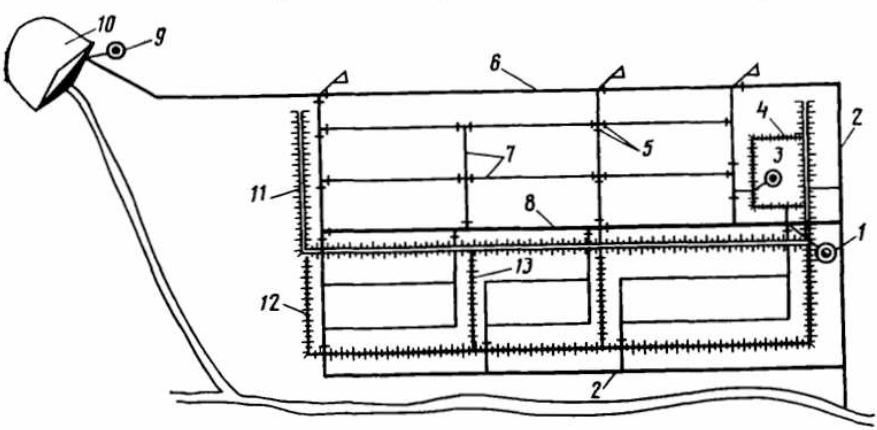


Рис. 18.6. Схема совмещения незатапливаемого и затапливаемого польдера с одной насосной станцией:
1 — насосная станция; *2* — сбросной канал; *3* — водоналивной пруд; *4* — дамбы наливного пруда; *5* — водорегулирующие сооружения; *6* — распределительный оросительный канал; *7* — проводящие каналы; *8* — магистральный канал; *9* — водовыпуск в оросительный канал; *10* — водохранилище; *11* — незатапливаемая дамба; *12* — затапливаемая дамба; *13* — внутренняя распределительная дамба.

На рисунке 18.6 приведена схема польдера с водооборотным водопользованием. Воду во влажные периоды года откачивают не в водоприемник, а в водоналивной пруд и используют в летнее время для полива. Этим решаются вопросы сохранения воды на системе и предотвращения загрязнения водоприемников дренажными водами с питательными и другими химическими веществами, а также более полного использования удобрений.

18.3. РАСЧЕТ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ ДАМБ

При проектировании оградительных дамб расчетами определяют высотную отметку гребня, расстояние между дамбами при двухстороннем обваловании реки, а также размеры сооружений, устраиваемых в теле дамбы.

Расчетная отметка (м) гребня дамбы определяется согласно СНиП II-53—73 по формуле:

$$H_г = H_р + h_н + \Delta h + a, \qquad (18.1)$$

где $H_р$ — расчетная отметка паводкового уровня водоприемника с учетом изменения после его обвалования, м; $h_н$ — высота наката ветровой волны на откос дамбы, м; Δh — высота ветрового нагона, м; a — конструктивный запас, м.

За расчетную отметку паводкового уровня принимают: для незатопляемых (зимних) дамб — уровень максимальных паводков 3...5%-ной обеспеченности; для затопляемых (летних) дамб — максимальный паводковый уровень вегетационного периода 10%-ной обеспеченности, если польдер предполагается использовать под сенокосы и пастбища, и 5%-ной обеспеченности, если на польдере будут возделываться яровые культуры.

Конструктивный запас для незатопляемых (зимних) дамб принимают равным 0,5, для затопляемых (летних) — 0,3 м.

Расстояние между дамбами зависит от их высоты, поэтому оптимальный вариант определяется как гидравлическими, так и технико-экономическими расчетами.

Как правило, расстояния между дамбами рассчитывают по формулам установившегося равномерного движения воды, например методом поучасткового определения свободной поверхности воды по формулам

$$Z_в = Z_н + FQ^2, \qquad (18.2)$$

где $Z_п$ и $Z_н$ — высота уровня воды соответственно верхнего и нижнего участка; F — модуль сопротивления, определяемый по формуле:

$$F = \frac{1}{\left(k_р\omega_р C_р \sqrt{\frac{\omega_р}{\chi_р l_р}} + k_п\omega_п C_п \sqrt{\frac{\omega_п}{\chi_п l_п}}\right)^2}, \qquad (18.3)$$

где $k_р$, $k_п$ — корректирующие коэффициенты к скорости потока соответственно для русла и поймы; $\omega_р$, $\omega_п$ — площади поперечного сечения русла и поймы; $\chi_р$, $\chi_п$ — смоченные периметры русла и поймы; $l_р$, $l_п$ — длина участка по руслу и пойме; $C_р$, $C_п$ — скоростные коэффициенты Шези для русла и поймы; Q — максимальный расход после обвалования:

$$Q = Q_б + \Delta Q\,(1 - F_б/F_п), \qquad (18.4)$$

$Q_б$ — максимальный расход до обвалования; ΔQ — уменьшение максимального расхода на рассматриваемом участке в естественных условиях, то есть разность максимального суммарного притока и максимального расхода в нижнем створе; $F_б$, $F_п$ — площадь водной поверхности при расчетном паводке до и после обвалования.

При трассировании дамб по берегу реки или по краю карьеров необходимо, чтобы минимальное расстояние от низа откоса дамбы до низа откоса берега или карьера было:

в минеральных грунтах

$$l_м \geqslant H_в + 2H_д, \qquad (18.5)$$

в торфяных грунтах

$$l_т \geqslant 3H_в + 4H_д, \qquad (18.6)$$

где $H_в$ — глубина выемки; $H_д$ — высота дамбы.

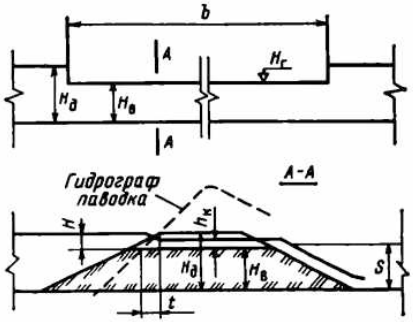


Рис. 18.7. Схема для определения длины прорези водослива в теле затопляемой (летней) дамбы.

На участках обвалованного водоприемника при возможности расселения ондатр и бобров и повреждения ими тела дамбы расстояние от меженного уреза воды в водоприемнике до основания дамб должно быть не менее 10 м в минеральных грунтах и 15 м в торфяных. Если это требование нельзя выполнить, то у подошвы основания дамбы следует предусмотреть устройство шпунтовой стенки, нижняя кромка которой была бы на 60 см ниже минимального уровня воды в водоприемнике.

Сооружения в теле дамбы представляют шлюзы-регуляторы и прорези-водосливы, устраиваемые на затапливаемых (летних) дамбах для безаварийного затопления польдера весенним паводком и для самотечного отвода паводковых вод при спаде паводка.

Длину (м) прорези-водослива (рис. 18.7) определяют по формуле для незатопленного водослива с широким порогом:

$$b = Q_р/(m\sqrt{2g}H^{3/2}), \qquad (18.7)$$

где m — коэффициент расхода (в среднем 0,36); H — высота слоя воды на пороге водослива, м; $Q_р$ — расчетный расход (м³/с), определяемый по формуле:

$$Q_р = 2{,}5W/t, \qquad (18.8)$$

W — вместимость обвалованной территории (польдера) от поверхности земли до отметки гребня дамбы, м³; t — время, за которое уровень воды повышается от отметки порога водослива до отметки гребня дамбы H (определяется по гидрографу паводка).

Отметка порога-водослива должна приниматься равной отметке расчетного уровня летне-осеннего паводка.

При спаде весеннего паводка для сброса воды с летнего польдера применяют шлюзы в основном типа двухстворчатых ворот, самооткрывающихся в сторону водоприемника. Размеры сбросовых шлюзов определяют из расчета самотечного сброса воды с отметки порога-водослива до средней отметки поверхности земли польдера за расчетный период. Расчетный расход (м³/с) при этом

$$Q_{шл} = W_{шл}/t_{шл}, \qquad (18.9)$$

где $W_{шл}$ — объем воды, сбрасываемой с польдера, м³; $t_{шл}$ — время, за которое уровень воды на польдере понижается от отметки порога водослива до средней отметки поверхности земли (определяется по гидрографу паводковых уровней), с.

Поперечное сечение дамбы, как правило, имеет форму неравнобедренной трапеции. Ширину гребня принимают 3 м, а продольный уклон гребня дамб пойменных польдеров — равным уклону воды в обвалованном русле при пропуске расчетных максимальных расходов.

Основной вид крепления дамб пойменных польдеров — биологический, то есть одерновка или засев многолетними травами.

18.1. Коэффициент заложения одернованных откосов пойменных дамб высотой до 3,0 м

Грунты дамбы	Незатопляемые дамбы		Затопляемые дамбы	
	внешний откос	внутренний откос	внешний откос	внутренний откос
Глинистые (связные)	1,5...2,5	1,5...2,0	1,5...2,5	2,5...3,0
Песчаные (несвязные), торф	2,0...3,0	1,5...2,5	2,0...3,0	3,0...4,0

Заложение одернованных откосов дамб пойменных польдеров высотой до 3 м и при отсутствии постоянного подпора и высоте волны до 0,15 м можно определить по таблице 18.1.

При периодическом подпоре воды более 3,0 м, а также при постоянном подпоре воды со стороны водоприемника пологие (порядка 1 : 20...1 : 40) откосы делают без крепления, а более крутые откосы крепят капитальными видами крепления (например, железобетонные плиты).

Выбор коэффициента заложения откосов и соответствующих креплений обосновывается технико-экономическими расчетами.

Если в качестве крепления применяют посев многолетних трав, то на поверхность откосов наносят растительный грунт слоем: 5...10 см на внутренние откосы и гребни незатопляемых дамб; 15...20 см на поверхность затопляемых и на внешний откос незатопляемых дамб.

Состав травосмесей, нормы высева и удобрений при залужении откосов определяют зональные научные учреждения.

Для северо-западной части Советского Союза для крепления откосов пойменных дамб из минеральных и торфяных грунтов можно рекомендовать следующие нормы (кг/га) высева трав: мятлик луговой — 8; овсяница красная — 20; кострец безостый — 12; райграс пастбищный — 6; овсяница луговая — 27; мятлик болотный — 7.

Крепление откосов дамб одерновкой следует предусматривать в наиболее опасных местах размыва: на крутых поворотах, в местах предполагаемого перелива воды на затапливаемых дамбах. Дернину для крепления откосов дамб следует заготавливать на возвышениях, где грунты сходны с грунтом дамбы.

Для дамб, как правило, применяют местный грунт. Лучшими грунтами считаются легкий и средний суглинок. Допускается применять торф со степенью разложения более 25% с покрытием минеральным грунтом. Минеральным грунтом внешний откос дамб покрывают слоем не менее 30 см, а внутренний — не менее 20 см. В исключительных случаях применяют торфяные дамбы без минеральной оболочки. В таком случае степень разложения торфа должна быть больше 50%, а высота дамбы — не более 2 м.

18.4. РАСЧЕТ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Общая производительность насосной станции определяется по суммарному притоку воды к насосной станции расчетной обеспеченности. Расчетную обеспеченность следует принимать не ниже 5% или обосновывать технико-экономическими расчетами.

На затопляемых (летних) польдерах за расчетный период принимается весна, когда паводковый уровень воды снижается до поверхностных отметок польдеров, а дальнейшее понижение уровня воды должно происходить быстрее, чем естественный спад паводка. Расчетный расход насосной станции летнего польдера определяется по формуле (Ю. Юшкаускас):

$$Q_{\text{л}} = \frac{1}{n}(Q_{\text{др}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{гр}}), \qquad (18.10)$$

где $Q_{\text{др}}$ — расход при удалении расчетного количества воды из грунта выше

дрен (дренажный расход); $Q_к$ — расход при удалении оставшейся воды из каналов, водоемов, с поверхности почвы; $Q_ф$ — фильтрационный расход через дамбы и основания под ними; $Q_{гр}$ — расход от грунтового и грунтово-напорного питания; n — коэффициент использования суточного времени насосами, принимают его 0,8...0,9.

Дренажный расход (м³/с) определяют по формуле

$$Q_{др} = \mu\varphi (H_1 - H_2) F/(864T), \qquad (18.11)$$

где F — площадь водосбора, га; μ — удельная водоотдача; φ — коэффициент, зависящий от формы депрессионной поверхности грунтовых вод в начале и конце периода; H_1 и H_2 — залегание уровня грунтовых вод в междренье относительно оси дрен соответственно в начале и конце расчетного периода, м; T — расчетное время (сут) откачки, практически принимают 10...15 сут.

С учетом осадков и испарения расчетное время откачки можно определять таким образом:

$$T = \frac{H_1 - H_2}{C - [p - e/(10\delta)]}, \qquad (18.12)$$

где C — суточная сработка уровня грунтовых вод дренажем, см/сут; p — осадки за расчетный период соответствующей обеспеченности, мм/сут; e — испарение за расчетный период, мм/сут; другие обозначения приведены выше.

Расход при удалении свободной поверхности воды определяют по формуле

$$Q_к = V/T, \qquad (18.13)$$

где V — объем воды в каналах, резервуарах и прочих водоемах на польдере, оставшийся после весеннего паводка (аккумуляция воды на поверхности польдера).

Фильтрационный расход через дамбы перехватывают придамбовым каналом или дреной, поэтому его можно определять как расход (м³/с) береговой дрены:

$$Q_ф = 0{,}0116k[H^2 - H_0^2/(2l)], \qquad (18.14)$$

где k — коэффициент фильтрации, м/с; H и H_0 — напор воды соответственно в реке и береговой дрене, м; l — длина дрены, м.

Расход (м³/с) воды при грунтово-напорном питании может быть определен по формуле

$$Q_{гр} = 10\,000 k_{пр} I_n F, \qquad (18.15)$$

где $k_{пр}$ — приведенный коэффициент фильтрации грунтов, залегающих выше водоносного слоя, м/с:

$$k_{пр} = \frac{h_1 + h_2 + \ldots + h_n}{h_1/k_1 + h_2/k_2 + \ldots + h_n/k_n}, \qquad (18.16)$$

где h_1, h_2, ..., h_n — толщина отдельных слоев грунта, м; k_1, k_2, ..., k_n — коэффициенты фильтрации отдельных слоев, м/с; I_n — градиент восходящего тока, приближенно равный:

$$I_n = H' - 0{,}5 (H_n + H_к)/S'. \qquad (18.17)$$

Обозначения показаны на рисунке 18.8.

Расчетный расход насосной станции на незатопляемых (зимних) польдерах определяют гидрологическим расчетом с учетом трансформации части стока в открытых емкостях.

В случае определения расчетного расхода методами, применяемыми для самотечных осушительных систем, трансформированный расчетный расход

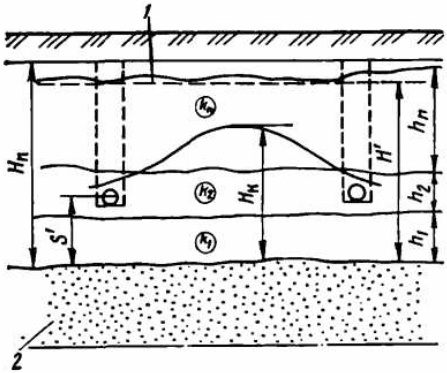


Рис. 18.8. Схема для определения притока при грунтово-напорном питании:

1 — линия пьезометрического напора; *2* — водоносный горизонт.

(м³/с) насосной станции можно вычислить по формуле

$$Q_{нс} = Q_{ст}(1 - \sqrt{W/W_{ст}}), \quad (18.18)$$

где $Q_{ст}$ — расчетный расход стока, м³/с; W — регулирующая емкость в резервуаре, каналах и пр., м³; $W_{ст}$ — объем стока, м³.

Примерные расчетные модули откачки в разных регионах страны показаны в таблице 18.2.

Насосные агрегаты. Максимальный расчетный расход продолжается недолго, а в остальное время года сток бывает в несколько раз меньше расчетного. Чтобы насосы могли работать экономично, их в комплексе насосной станции должно быть несколько. Наименьшая подача насоса (л/с) может быть определена по формуле (Ю. Юшкаускас):

$$Q_н = V/(3{,}6t) + q_1F, \quad (18.19)$$

где V — полезный объем регулирующего резервуара, м³; q_1 — средний модуль бытового (вегетационного) стока, л/(с·км²); F — площадь водосбора, км²; t — рациональная продолжительность работы насосного агрегата в период бытового стока, ч.

Для польдеров площадью 500...2000 га принимают два-три насосных агрегата. Рациональная их работа обеспечивается при следующем соотношении их подачи: при установке двух насосов — 1 : 1; 1 : 2 или 1 : 3; при установке трех насосов — 1 : 1 : 1; 1 : 1 : 2 или 1 : 1 : 3.

На малых осушительных станциях подачей менее 0,1 м³/с допускается установка одного насоса. При этом должен быть предусмотрен резервный насос, который хранится на складе эксплуатирующей организации.

Регулирующий (водосборный) резервуар. В целях оптимизации режима откачки при стоке, не соответствующем подаче насоса, предусматривают при насосной станции регулирующий (водосборный) резервуар. Для его устройства обычно приспосабливают естественные водоемы, староречья или уширяют нижнюю часть магистрального канала.

18.2. Примерные расчетные модули откачки незатопляемых (зимних) польдерных систем

	Сельскохозяйственное использование земель	Расчетный модуль стока, л/(с·га)	Площадь водосбора насосной станции, с которой получен расчетный модуль, га
РСФСР, Калининградская обл.	Полевой севооборот	1,5	До 500
		1,0...1,1	1 000
		0,8	2 000
РСФСР, Ленинградская обл.	» »	1,5...1,9	До 500
Белорусская ССР, Полесье	Полевой севооборот	0,7...1,0	2 500...4 000
	Многолетние травы	0,6...0,8	2 500...4 000
Латвийская ССР	Полевой севооборот	1,0...1,5	Больше 1 000
		1,2...1,8	Меньше 1 000
Литовская ССР	» »	1,1...1,2	1 000...2 000
	Многолетние травы	0,9	1 000...2 000

Резервуар имеет полезный и мертвый объемы. Глубина мертвого объема принимается конструктивно не менее 0,5 м. Под полезным объемом понимается тот объем, который находится между нижним и верхним эксплуатационными уровнями откачки. Расчетный полезный объем резервуара определяется по формуле (Ю. Юшкаукас):

$$V = 0{,}25 t_{\text{ц}} Q, \tag{18.20}$$

где Q — подача расчетного насоса, м³/с; если в комплексе насосной станции их несколько, то расчетной считается при ручном управлении наибольшая подача, при автоматизированном — наименьшая подача; $t_{\text{ц}}$ — наименьшая продолжительность (с) цикла работы насоса (время работы и последующего перерыва), они определяются эксплуатационными требованиями оборудования, устойчивостью откосов резервуара, условиями эксплуатации насосной станции; при ручном управлении $t_{\text{ц}}$ принимают 6...12 ч, при автоматизированном — 0,5...1 ч.

Расчетные напоры и уровни откачки. Расчетную динамическую высоту (м) подъема воды определяют по формуле

$$H_{\text{д}} = H_{\text{г}} + h_{\text{п}}, \tag{18.21}$$

где $H_{\text{г}}$ — геодезическая высота (м) водоподъема, она соответствует разности между максимальным уровнем воды 0,5...1,0%-ной обеспеченности в водоприемнике и верхнего (максимального) уровня воды в голове магистрального канала; $h_{\text{п}}$ — сумма потерь напора в сооружениях насосной станции от водозабора до водовыпуска, м.

Расчетные (эксплуатационные) уровни откачки — это верхний, при котором должны включаться насосные агрегаты, и нижний, при котором откачка прекращается. Верхний уровень воды должен обеспечивать минимальную норму осушения в расчетные периоды года на пониженных участках польдера. Нижний уровень определяется из расчета, чтобы скорость течения воды в канале не превышала допускаемую на размыв. Практически амплитуда откачки бывает в пределах 0,5...1,0 м.

18.5. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ, НАСОСНОЕ И ПОДСОБНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Насосные станции на польдерах, как правило, бывают стационарными. По надежности действия они относятся к III категории, допускающей перерыв в откачке до 1 сут.

Выделяют три типа осушительных насосных станций на польдерах: совмещенный, раздельный и полураздельный.

Совмещенный тип имеет три основных сооружения — всасывающее, здание с насосно-силовым оборудованием и напорное (рис. 18.9), объединенных в одно строение. Такие станции применяют на летних польдерах и строят в теле дамбы. Они отличаются высоким фундаментом, так как полы машинного зала устраивают над уровнем воды максимальных паводков 1%-ной обеспеченности.

Раздельный тип состоит из отдельных сооружений всасывания, здания и водоотвода (рис. 18.10). Такие станции оборудуют центробежными насосами и строят внутри незатопляемого польдера.

Полураздельный тип состоит из отдельного напорного сооружения и совмещенной всасывающей части со зданием насосного оборудования (рис. 18.11). Станции строят внутри незатопляемого польдера. Этот тип насосных станций имеет наибольшее распространение.

Насосное оборудование на осушительных насосных станциях должно допускать: сбросы больших объемов и расходов воды при большой амплитуде колебания их во времени, иметь сравнительно небольшую высоту подъема, примерно 1...5 м, большую динамичность высоты подъема как во время од-

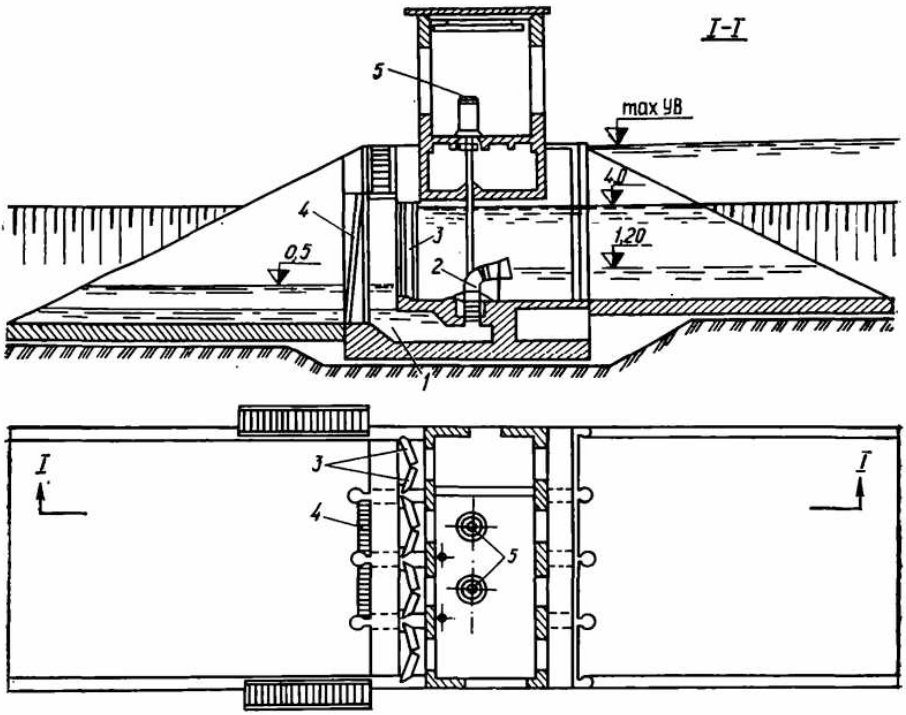


Рис. 18.9. Схема насосной станции совмещенного типа:
1 — всасывающий узел; *2* — насос; *3* — двухстворчатые шлюзовые ворота; *4* — сороудерживающая решетка; *5* — электродвигатель.

ного цикла работы (до 1...2 м), так и в течение года (1...5 м); сравнительно небольшую продолжительность (около 1000 ч за год) и большую неравномерность работы в разрезе всего года.

К условиям работы на осушительных насосных станциях наиболее подходят низконапорные осевые (пропеллерные) насосы. Они легко поддаются автоматизации. Кроме того, применяют погружные электронасосы (табл. 18.3).

Погружные электронасосы типа ОМПВ представляют унифицированные моноблочные агрегаты с водозаполненным электродвигателем. Изменение рабочих характеристик достигается заменой рабочего колеса насоса. Степень унификации и стандартизации этих насосов составляет 60...80%. Пре-

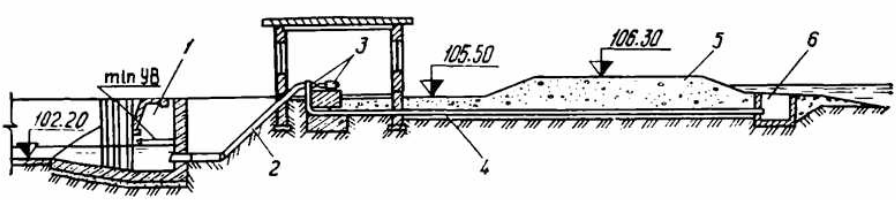


Рис. 18.10. Схема насосной станции раздельного типа:
1 — всасывающее сооружение; *2* — всасывающий трубопровод; *3* — центробежный насос с электродвигателем; *4* — напорный трубопровод; *5* — оградительная дамба; *6* — напорное сооружение.

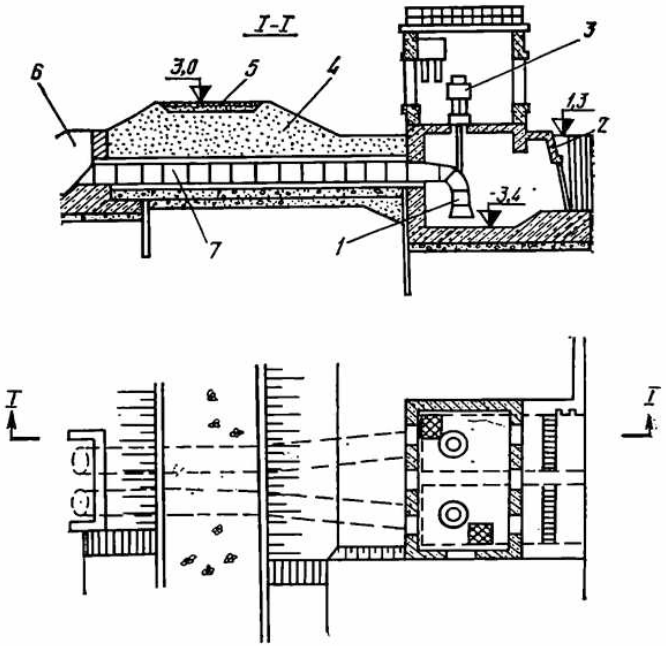


Рис. 18.11. Схема насосной станции полураздельного типа:

1 — осевой насос; *2* — всасывающее сооружение; *3* — электродвигатель; *4* — оградительная дамба; *5* — дорога; *6* — напорное сооружение; *7* — напорный трубопровод.

имущество их также заключается в том, что они устанавливаются на насосной станции: горизонтально, наклонно, вертикально.

При использовании погружных электронасосов исключается необходимость в надземном строении насосной станции, упрощаются монтажные работы при установке электронасосов, удешевляется строительство насосных станций.

Подсобное оборудование польдерных насосных станций: сороудерживающая решетка с механизмом очистки, рыбозаградитель, средства управления и автоматизации.

Сороудерживающую решетку делают из полосовой стали размером 5×50 мм, расстояние между отдельными прутьями принимают в среднем 50 мм. Ее устанавливают перед аванкамерой насосной станции. Она предупреждает попадание крупных плавающих тел в насосы.

В целях охраны заходящих на нерест рыб водозаборы насосных станций затапливаемых польдеров оборудуют рыбозащитными устройствами в виде плоской сетки.

18.6. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Осушительная сеть на польдерах состоит из магистрального, проводящих каналов, регистрирующей сети, ограждающих каналов (дрен), канала, отводящего от насосной станции воду.

В устьевой части магистрального канала при откачке наблюдается значительное колебание уровня воды, которое может нарушить устойчивость

18.3. Техническая характеристика погружных электронасосов, применяемых для осушительных насосных станций

Показатели	Марки электронасосов			
	ОМПВ 400-5,5	ОМПВ 300-7,0	ОМПВ 250-10,5	ОПВ 2500-4,2
Подача, м³/ч	400	300	250	2 500
Высота подъема, м	5,5	7,0	10,5	4,2
Мощность электродвигателя, кВт	11	11	11	45
КПД, %	50	55	60	74
Частота вращения, мин⁻¹	2 900	2 900	2 900	730
Подпор рабочего колеса, м	1	1	1	1
Ресурс до первого капитального ремонта, тыс. ч	12,5	12,5	12,5	10,0
Масса, кг	300	300	300	1 350
Среда электродвигателя	Водозаполненный			Капсульный, сухой

откосов канала. Допускаемую скорость (м/ч) снижения уровня воды во время откачки у насосной станции определяют по формуле А. П. Русецкого:

$$a_0 = \frac{6\,(Q_н - Q_{ст})}{(2B_{A_{ср}} + B_l)\,L_0} - \frac{\xi_0}{\Delta t}, \qquad (18.22)$$

где $Q_н$ — расход работающих насосных агрегатов, м³/ч; $Q_{ст}$ — расход в канале, м³/с; L_0 — длина фронта волны, м; $B_{A_{ср}}$ — средняя ширина свободной поверхности воды в устье магистрального канала за время Δt, м; B_l — ширина свободной поверхности воды в канале на расстояние L_0, м; ξ_0 — высота фронта волны в устье магистрального канала, м; Δt — время откачки, с.

Допустимые скорости сработки уровня воды в магистральном канале даны в таблице 18.4.

На ровных безуклонных или малоуклонных территориях, что характерно для польдерных систем, минимальный уклон дна магистрального канала должен быть 0,0002...0,0003. Самая нижняя часть, служащая регулирующим резервуаром, может не иметь уклона. В целях предупреждения зарастания глубину канала можно увеличить (по сравнению с установленной для отвода расчетного расхода) так, чтобы глубина воды в нем, считая от минимального эксплуатационного уровня, была 1,5...2,0 м.

18.4. Допустимые скорости (см/ч) сработки уровня воды при откачке в зависимости от вида грунта и коэффициента заложения откоса (по В. К. Свистунову)

Коэффициент заложения откоса	Грунт откоса			
	супесь	среднезернистый песок	мелкозернистый песок	пылеватый песок
1,5	—	50	—	—
2,0	42	60	15	10
2,5	72	70	18	14
3,0	132	80	30	20

Примечание. Для каналов в торфе и связных грунтах допустимая скорость снижения уровня воды в 1,3...1,5 раза больше, чем для среднезернистых песков.

Длина магистрального канала при безуклонной поверхности земли и минимальных уклонах дна не должна превышать 3,0...3,5 км. Это условие, в свою очередь, предопределяет и площадь, подключаемую к одной осушительной насосной станции. Рациональная площадь не должна превышать 800...1000 га. Если уклон поверхности и продольный уклон дна канала превышает 0,0005, то их длина (как и на самотечных системах) не ограничивается.

Регулирующую сеть на польдерах, как правило, проектируют закрытой. Длина закрытых осушителей не должна превышать 100 м. На торфяных почвах можно применять безуклонный дренаж, при этом глубина дрен должна быть на 15...20 см больше, чем у дренажа, заложенного с минимальными уклонами.

На пойменных польдерах, где подпор грунтовых вод и фильтрационный приток воды со стороны водоприемника бывает кратковременный (только во время паводков), параметры дренажа, заложенного в придамбовой полосе, можно не изменять. Расстояние между первыми двумя осушителями, находящимися за придамбовой дреной, уменьшают в 2 раза.

В случаях, когда подпор воды со стороны обвалованного водоприемника бывает постоянным (например, на приводохранилищных польдерах), подтопление обвалованных земель распространяется на значительное расстояние от оградительных дамб. На таких польдерах регулирующую сеть проектируют за пределами зоны осушительного действия берегового дренажа, который предусматривают для перехвата фильтрационных вод.

18.7. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ С МАШИННЫМ ВОДООТВОДОМ

Эксплуатационный режим насосных агрегатов характеризует использование насосно-силового оборудования, объемы и коэффициенты откачки, а также расходование электроэнергии.

Использование насосно-силового оборудования прежде всего характеризуется коэффициентом (%) использования времени:

$$K_{вр} = 100a/(n_р a_0), \qquad (18.23)$$

где a — фактически отработанные агрегатом часы за рассматриваемый период в расчете на один насосный агрегат; $n_р$ — планируемое число часов откачки в сутки (принимается 20...22); a_0 — число календарных суток за рассматриваемый период.

На практике годовой коэффициент использования времени является низким и для пойменных польдеров колеблется в пределах 5...15%. Увеличить коэффициент использования времени работы насосных агрегатов можно путем совмещения осушительных и увлажнительных функций насосной станции.

Рациональное и экономическое использование установленной мощности электродвигателей насосных агрегатов характеризует коэффициент (%) использования мощности

$$K_и = 100N_{потр}/N_{уст}, \qquad (18.24)$$

где $N_{уст}$ — установленная мощность электродвигателя насосного агрегата, кВт; $N_{потр}$ — средняя потребляемая мощность того же агрегата, кВт:

$$N_{потр} = Э/a; \qquad (18.25)$$

$Э$ — израсходованное количество электроэнергии, кВт·ч; a — отработанное время, ч.

Установленная мощность насосных агрегатов используется обычно на 60...80%.

Годовой слой откачки можно определить по региональным эмпирическим формулам, приведенным в таблице 18.5.

18.5. Эмпирические региональные формулы для определения слоя откачки, мм

	Тип польдера	Формула	Автор, год
Литовская ССР	Незатопляемый	$h=145P/d-47$	Ю. А. Юшкаускас, 1978
	Затопляемый	$h=75P/d+158$	
Латвийская ССР:			
побережье Балтийского моря	Незатопляемый	$h=0{,}32P+73$	Т. А. Кадревич, 1977
побережье Рижского залива		$h=0{,}40P-39$	То же
Калининградская обл., РСФСР	»	$h=0{,}45P-31$	Р. И. Волков, 1975
Центральная Нечерноземная зона РСФСР	»	$h=P(0{,}87-0{,}002d)$	То же
Белорусское Полесье	Незатопляемый, периодического подтопления	$h=1{,}13P-5{,}88$	В. Ф. Галковский, 1978
	Незатопляемый, постоянного подтопления	$h=1{,}52P-660$	То же

Обозначения: h — годовой слой откачки, мм; P — годовые осадки, мм; d — среднегодовой дефицит влажности воздуха, Па.

В случае отсутствия региональных эмпирических формул слой откачки определяют водно-балансовыми расчетами или принимают по коэффициенту откачки:

$$K_{отк}=h_{отк}/P, \qquad (18.26)$$

где $h_{отк}$ — откачанный слой воды за определенный период, мм; P — осадки за тот же период, мм.

Потребление электроэнергии зависит от водности года, слоя откачки, вида и типа польдеров.

Глава 19. ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

19.1. ОБОСНОВАНИЕ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Осушительно-увлажнительные системы в отличие от осушительных полнее оптимизируют условия произрастания сельскохозяйственных культур в различных физико-географических условиях. Они не только оптимизируют водный режим, но и создают возможности одновременного регулирования нескольких факторов, например влаги, воздуха и питательных веществ.

Примерные оросительные нормы в условиях сухого года для разных культур, выращиваемых на осушаемых землях, приведены в таблице 19.1.

Потребность в увлажнении минимальна в северных регионах и увеличивается по мере приближения к южной границе гумидной зоны.

Осушительно-увлажнительная система представляет мелиоративную систему, предназначенную для активного управления водным режимом почвы как в условиях избытка, так и в условиях недостатка влаги.

Состав и конструкция осушительно-увлажнительной системы определяются задачами, на решение которых она должна быть направлена в конкретных природно-хозяйственных условиях. Основными из этих задач являются: повышение плодородия почв; обеспечение оптимального управления условиями произрастания сельскохозяйственных культур, направленного на достижение высоких и устойчивых урожаев; рациональное использование водных ресурсов; удовлетворение требований сельскохозяйственного производства в отношении применения высокопроизводительных технологий, сохранение экологического равновесия.

При создании осушительно-увлажнительных систем в гумидной зоне необходимо рассматривать в проектах структурно-целостные территориальные единицы, какими являются, например, водосборы, предусматривая при этом комплекс оптимизирующих мелиоративных, агротехнических, гидротехнических и лесоводческих мероприятий.

Регулирование стока посредством строительства водохранилищ и водоемов в сочетании с осушительно-увлажнительными системами позволяет

19.1. Оросительные нормы на осушаемых землях, м³/га

Культуры и угодья	Белорусская ССР			Север Украины	Московская область			
	минеральные почвы	мощные торфяники	маломощные торфяники	мощные торфяники	супесчаные	суглинистые	маломощные торфяники	мощные торфяники
Капуста	1 300	1 200	1 500	2 400	2 800	2 400	1 700	650
Картофель	1 080	900	1 050	1 500	1 900	1 200	450	200
Корнеплоды	—	—	—	2 100	2 200	1 300	1 000	200
Кукуруза на силос	—	—	—	1 600	2 000	1 300	700	350
Пастбища	1 440	1 580	1 850	2 400	—	—	—	—
Луга	1 200	700	1 400	1 200	2 600	1 900	900	400

осуществить замкнутый водооборот, при котором дренажный сток используется на увлажнение. Это приводит к сокращению выноса с полей удобрений и ядохимикатов.

19.2 СПОСОБЫ УВЛАЖНЕНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

УВЛАЖНЕНИЕ ДОЖДЕВАНИЕМ

Конструкция осушительно-увлажнительных систем с применением дождевания определяется рельефом местности, площадью и конфигурацией полей, впитывающей и несущей способностью почвы, характером сельскохозяйственного использования земель и типом дождевальной техники.

При проектировании оросительной сети для полива дождеванием необходимо: по возможности применять закрытую оросительную сеть, так как открытая сеть имеет существенные недостатки (значительные потери полезной площади, развитие вдоль каналов сорной растительности, фильтрационные потери воды, сложность эксплуатации осушительной сети); не допускать пересечения открытых оросителей с открытой и закрытой осушительной сетью; предусматривать сброс воды из оросителей в осушительную сеть или сбросные каналы; заглублять верх закрытого коллектора при его пересечении с открытым оросителем на 0,3...0,4 м под дно оросителя и герметизировать стыки коллектора под оросителем в полосе шириной не менее 2 м от бровок канала; располагать закрытые оросители в плане перпендикулярно или параллельно осушительным коллекторам с минимальным числом пересечений с дренами; заглубять верх закрытого коллектора при его пересечении с оросительным трубопроводом на 0,2...0,3 м относительно трубопровода; проверять оросительные трубопроводы на всплытие при укладке их в торфяниках, в случае высокого стояния грунтовых вод или паводкового затопления. Конструкция оросительной сети и дождевальная техника рассмотрены в другом томе справочника.

ПОЧВЕННОЕ УВЛАЖНЕНИЕ

При почвенном увлажнении вода подается непосредственно в корнеобитаемый слой. Существует несколько типов почвенного увлажнения: подпочвенное увлажнение корнеобитаемого слоя путем регулирования уровня грунтовых вод (шлюзование); внутрипочвенное увлажнение методом искусственной подачи воды в корнеобитаемый слой по пористым, перфорированным трубам или отверстиям в почве, расположенным непосредственно в увлажняемой зоне; капельное увлажнение, осуществляемое дозированным распределением влаги на поверхности почвы с помощью специальных капельниц.

Подпочвенное увлажнение. Увлажнение корнеобитаемого слоя регулированием уровня грунтовых вод возможно: при высокой водопроницаемости почвы и подпочвенных горизонтов (коэффициент фильтрации $k \geqslant 1$ м/сут), при менее водопроницаемых грунтах осуществляют мероприятия, направленные на повышение водопроницаемости: кротование, щелевание, глубокое рыхление, которые позволяют применять этот метод при коэффициенте фильтрации до 0,5 м/сут; при неглубоком залегании водоупора или близком к поверхности стоянии уровней грунтовых вод (интенсивное грунтовое питание); при спланированной поверхности почвы (оптимальные уклоны поверхности почвы 0,001...0,002, предельный уклон не более 0,005); при наличии пресных грунтовых вод. Уровни грунтовых вод регулируют при помощи осушительной сети, на которой сооружают шлюзы-регуляторы, и специальной увлажнительной сети в виде закрытых или открытых увлажнителей, кротовин и щелей. Шлюз-регулятор — гидротехническое сооружение, позволяющее регулировать уровень или расход воды в водотоках и воздействовать таким образом на положение уровня грунтовых вод на расположенной выше его территории. При управлении водным режимом на осуши-

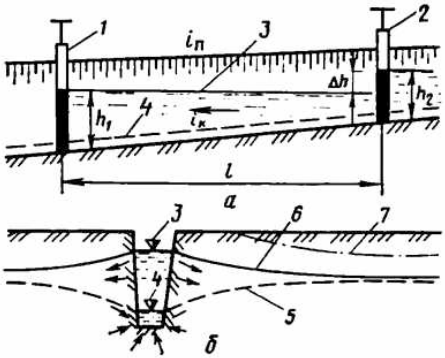


Рис. 19.1. Схема шлюзования канала:

а — продольный разрез по оси канала; *б* — поперечный разрез канала; *1* и *2* — соответственно нижний и верхний шлюз-регулятор; *3* и *4* — уровень воды в канале соответственно после закрытия шлюзов и до шлюзования; *5* и *6* — положение грунтовых вод соответственно до шлюзования и после закрытия шлюзов; *7* — положение капиллярной каймы после подъема уровня грунтовых вод.

тельно-увлажнительных системах используют воды дренажного стока, которые могут быть аккумулированы в каналах, прудах, водохранилищах, а также воды внешних источников — рек, озер и др.

Выделяют два приема управления водным режимом — предупредительное и увлажнительное шлюзование.

Предупредительное шлюзование заключается в аккумуляции части вод весеннего половодья или в периоды интенсивного выпадения атмосферных осадков посредством закрытия шлюзов в осушительно-увлажнительной сети с целью замедления процесса осушения территории. Чаще всего предупредительное шлюзование проводят в фазу спада половодья, иногда целесообразно закрывать шлюзы в период максимальных расходов половодья. В случаях предшествующей сильной пересушки территории шлюзы закрывают осенью. Этот прием эффективен при превышении площади водосбора дренажного и поверхностного стока над площадью увлажнительного шлюзования в 15...30 раз. Увлажняемые участки при этом размещают в нижней по рельефу части системы. В засушливые годы, когда осушительная сеть пересыхает, предупредительное шлюзование бесполезно. Этот прием увлажнения легко осуществим на землях интенсивного грунтового питания. Предупредительное шлюзование, как правило, является дополнительным приемом увлажнительного шлюзования.

Увлажнительное шлюзование представляет прием регулирования водного режима корнеобитаемой зоны посредством управления уровнем грунтовых вод в течение вегетационного периода при наличии внешних источников увлажнения — рек, озер, водохранилищ, подземных вод и др.

Увлажнительное шлюзование подразделяют на непрерывное и периодическое.

Непрерывное увлажнительное шлюзование имеет своей целью поддержание глубины грунтовых вод, соответствующей норме осушения для определенного вида сельскохозяйственной культуры, региона и агрофона (см. главу 4). В этом случае шлюзы закрыты в течение всего вегетационного периода. Непрерывное увлажнение подпором целесообразно проводить по графику колебания УГВ, который соответствует переменному во времени оптимальному положению грунтовых вод. Обычно в начальные фазы оптимальная глубина минимальна и нарастает до максимума к концу вегетации соответственно развитию корневой системы растений.

Периодическое увлажнительное шлюзование заключается в многократном подъеме уровней грунтовых вод закрытием шлюзов для увлажнения верхних слоев корнеобитаемой зоны. При этом происходит наполнение каналов увлажнительной сети. Этот прием увлажнения требует тщательного исполнения, так как существует опасность отмирания затапливаемой части корневой системы растений, что приводит к существенному снижению урожайности. В течение вегетации в зависимости от погодных условий проводят 2...4 цикла увлажнения. Время подъема и сброса грунтовых вод обязательно увязывается со сроками уборки урожая, проведением агротехнических обработок почвы и временем выпаса скота.

19.2. Разность уровней воды между бьефами смежных шлюзов

Элементы осушительно-увлажнительной сети	Уклон поверхности почвы	Δh, м
Транспортирующие собиратели	0,0002	0,2
	0,0002...0,0004	0,2...0,3
	0,0004...0,0006	0,3...0,4
	0,0006...0,001	0,4...0,5
Магистральные каналы и реки-водоприемники	0,0002...0,0004	0,5
	0,0005...0,001	0,1

Периодическое увлажнительное шлюзование создает лучший (по сравнению с непрерывным увлажнительным шлюзованием) водный, воздушный и тепловой режимы, способствуя интенсификации почвенных процессов и повышению урожайности сельскохозяйственных угодий. Недостаток этого приема — повышенный (в 1,5...2 раза и более) расход воды для регулирования водного режима, поэтому его применение ограничивается регионами, обеспеченными водными ресурсами.

Уровни воды при увлажнительном шлюзовании поддерживают на глубине 0,3...0,5 м от бровок каналов, допуская кратковременный подъем воды около нижних шлюзов на 0,1...0,2 м от их бровки. Равномерное увлажнение полосы почвенного покрова вдоль канала обеспечивается из условия

$$\Delta h = l i_{\text{п}},$$

где Δh — допустимая разница в уровнях (рис. 19.1), принимается по таблице 19.2; l — расстояние между шлюзами; $i_{\text{п}}$ — уклон поверхности почвы.

Зона увлажнительного действия открытых каналов зависит от фильтрационных свойств грунтов и состояния русла каналов (зарастание, заиление). На торфяниках, подстилаемых песком, увлажнительное действие каналов распространяется до 100 м от канала. Увлажнение почвенного покрова происходит неравномерно: около каналов может наблюдаться переувлажнение и даже подтопление корневой системы растений, а с удалением от канала влияние на уровни грунтовых вод постепенно ослабевает.

При проектировании систем подпочвенного увлажнения проверяют способность осушительно-увлажнительной сети вызвать в заданные сроки подъ-

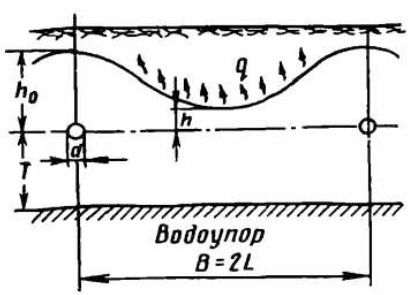


Рис. 19.2. Схема к расчету подъема уровня грунтовых вод при подпочвенном увлажнении.

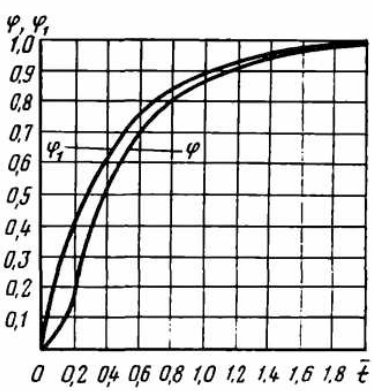


Рис. 19.3. График для определения коэффициентов φ и φ_1 в формуле С. Ф. Аверьянова в зависимости от относительного времени $\bar{t}$.

ем уровня грунтовых вод на требуемую величину. Если в увлажнителях (дренах или каналах) создается напор h_0 (рис. 19.2), то напор посредине между увлажнителями можно определить по формуле С. Ф. Аверьянова:

$$h = h_0\varphi - \bar{q}h_0\bar{\varphi}_1,$$

$$\bar{q} = qL^2/(2\alpha kTh_0),$$

где k — коэффициент фильтрации грунтов; T — расстояние от оси дрен до водоупора; α — коэффициент, учитывающий неполноту вскрытия водопроницаемого пласта увлажнителем:

$$\alpha = \frac{1}{1 + 2{,}94\,\dfrac{T}{B}\lg\dfrac{2T}{\pi d}};$$

d — диаметр дрены увлажнителя, для канала $d = 0{,}5\,b + h_б$; b — ширина канала по дну; $h_б$ — бытовая глубина воды в нем.

Коэффициенты φ и φ_1 определяют по графику, изображенному на рисунке 19.3, где $\bar{t} = t/\tau$; $\tau = \mu L^2/\alpha kT$; μ — коэффициент недостатка насыщения; t — время с момента образования напора h_0 в увлажнителях.

Время, необходимое для заданного подъема поверхности грунтовых вод h при напоре h_0, можно определить по формуле

$$t = 0{,}94\tau \lg \frac{1{,}27\,(1 - 0{,}8\bar{q})}{1 - \dfrac{h}{h_0} - \bar{q}}.$$

Если время подъема поверхности грунтовых вод на заданную величину h неприемлемо, то необходимо уменьшить расстояние между увлажнителями. Ориентировочно это расстояние определяется по зависимости

$$B = 2{,}1\sqrt{\frac{\alpha kTt}{\mu \lg \dfrac{1{,}27h_0}{h_0 - h}}}.$$

Расстояние между увлажнителями может быть определено по формулам А. И. Ивицкого, А. М. Янголя, Б. Г. Гейтмана и др. Установлено, что расстояние между увлажнителями на 20...30% меньше величины, определяемой требованиями осушения.

Недостатки подпочвенного увлажнения: неоперативное управление водным режимом из-за высокой инерционности грунтовых вод (скорость движения уровней грунтовых вод 5...10 см/сут); ограниченное применение при выращивании рассадных культур в связи с недостаточным увлажнением верхнего слоя почвы; недопустимость применения при выращивании теплолюбивых культур и овощей с мелкой корневой системой; возможность заиления труб увлажнителей и их закупорки корнями растений.

Внутрипочвенное увлажнение. При внутрипочвенном увлажнении вода подается непосредственно в корнеобитаемый слой по сети перфорированных или пористых труб (рис. 19.4). Увлажнение происходит под действием гидростатического напора в трубе, гравитационных и капиллярно-сорбционных сил. Напор в трубе может быть больше или меньше атмосферного. Увеличение напора вызывает увеличение области насыщения, но незначительно. Вакуумные (абсорбционные) системы регулируют влажность почвы микропористыми увлажнителями, в которых поддерживается напор менее атмосферного, и, таким образом, в засушливые периоды влага движется в почву, а при переувлажнении избыточная влага всасывается трубой.

Для увлажнения верхних слоев почвы глубина закладки труб должна быть около 0,2...0,3 м. Ее определяют с учетом глубины агротехнических обработок почвы (из условия неповреждения труб). Расстояние между тру-

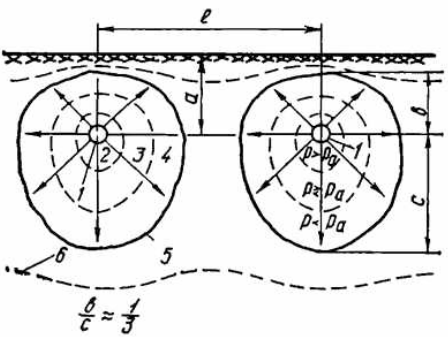


Рис. 19.4. Схема внутрипочвенного увлажнения:

1 — трубы-увлажнители; *2* — область насыщения; *3* — переходная область; *4* — область капиллярного увлажнения; *5, 6* — границы зоны увлажнения через 1...2 сут.

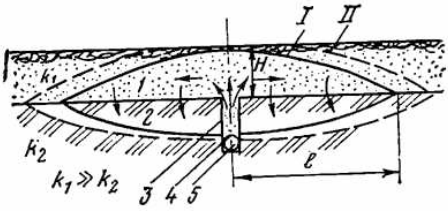


Рис. 19.5 Форма контуров увлажнения при внутрипочвенном увлажнении в слоистых грунтах без выхода I и с выходом воды на поверхность II:

1 — хорошо водопроницаемый слой; *2* — маловодопроницаемый слой; *3* — прорезь с уплотненными стенками; *4* — песчано-гравийная засыпка; *5* — труба-увлажнитель.

бами и потребность в них зависят от фильтрационных свойств грунта и вида сельскохозяйственных культур (табл. 19.3).

Для внутрипочвенного увлажнения применяют керамические и пластмассовые трубы, а также системы кротовин. Разновидность внутрипочвенного увлажнения — инъекционный полив, при котором специальные машины подают воду в почву по отверстиям, сделанным гидробуром или другим устройством. Этот способ в последние годы находился в стадии разработки.

На тяжелых по механическому составу почвах при хорошо водопроницаемом верхнем горизонте мощностью $H=0{,}25$ м, подстилаемом маловодопроницаемым грунтом (рис. 19.5), расстояния между увлажнителями могут быть 3...5 м и более. В начальный период развития растений почва может увлажняться с выходом воды на поверхность. Системы такого типа эффективны при отводе избыточной влаги из корнеобитаемого слоя благодаря сравнительно малым расстояниям между трубами.

Кроме того, трубчатые системы используются для обогащения почвы воздухом с помощью специальных насосов или вентиляторов, что позволяет активизировать деятельность почвенных микроорганизмов.

Преимущества внутрипочвенного увлажнения: достижение более высокой урожайности, чем при дождевании; малые потери влаги на испарение с поверхности почвы и глубинный сброс; возможность внесения удобрений непосредственно в корнеобитаемый слой; сохранение почвенной структуры; существенное сокращение затрат труда на производство поливов и возможность их механизации и автоматизации; трубчатые системы рациональны на участках с уклонами до 30° и более, где другие способы увлажнения малопригодны.

Капельное увлажнение. Корнеобитаемая зона увлажняется дозированным распределением влаги, непосредственно под растение или ряд растений (точечное или линейное увлажнение). Из трубопроводов, проложенных

19.3. Потребность в трубах при внутрипочвенном увлажнении на среднесуглинистых почвах для различных культур

Культуры	Расстояние между трубами *l*, м	Потребность в трубах, м/га
Овощные, кормовые	1,25...1,5	8 000...6 700
Ягодники кустарниковые	2,5...3,0	4 000...3 300
Плодовые насаждения	3,0...3,5	3 300...2 900

по поверхности, вода поступает в почву через специальные водовыпуски-капельницы.

Этот способ позволяет: наиболее экономно использовать водные ресурсы (коэффициент полезного использования воды 85...95%); получать урожаи более высокие (на 20...60%), чем при дождевании; существенно повысить эффективность использования удобрений; полностью автоматизировать процесс поливов. Кроме того, при капельном увлажнении можно оперативнее регулировать водный режим корнеобитаемой зоны.

ПОВЕРХНОСТНОЕ И КОМБИНИРОВАННОЕ УВЛАЖНЕНИЕ

Поверхностное увлажнение заключается в распределении воды по поверхности почвы, которая увлажняет корнеобитаемый слой, поглощаясь под действием гравитационных и капиллярно-сорбционных сил. Недостаток поверхностного увлажнения — неравномерный водный режим с большой амплитудой колебаний влажности почвы.

При создании осушительно-увлажнительных систем этот способ используется при лиманном увлажнении и на системах с использованием сточных вод для увлажнения.

В течение вегетационного периода наблюдаются изменения требований растений к водному режиму, развивается корневая система растений, проникающая в более глубокие горизонты, происходят изменения свойств поверхностных слоев почвы. В этих условиях с учетом того, что каждый способ увлажнения имеет вполне определенную область применения, свои недостатки и преимущества, рациональнее комбинировать различные способы увлажнения на одном и том же участке. Комбинирование способов управления водным режимом позволяет свести к минимуму недостатки отдельных способов и лучше использовать их положительные стороны, что создает основу эффективной работы мелиоративных систем в течение всего вегетационного периода.

При создании осушительно-увлажнительных систем в соответствии с конкретными условиями объектов используют комбинации: систем подпочвенного увлажнения с дождеванием; систем подпочвенного увлажнения в сочетании с закрытым и кротовым дренажем, кротованием, щелеванием, глубоким рыхлением почв.

19.3. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С ДОЖДЕВАНИЕМ

Увлажнение осушаемых земель с помощью дождевальных агрегатов ДДА-100М и ДДА-100МА эффективно на минеральных землях, обеспечивающих достаточную проходимость машин. Схема осушительно-увлажнительной системы с дождеванием представлена на рисунке 19.6. Постоянные или временные увлажнители глубиной 1 м нарезают параллельно через 120 м, с уклоном дна 0,0003...0,002. Вдоль увлажнителей прокладывают полевые дороги для передвижения дождевальных машин. Трассы увлажнителей не должны пересекать дрены. Закрытые коллекторы укладывают глубже дна увлажнительных каналов на 50 см. Для нормального аккумулирования воды в периоды сокращения ее забора дождевальной машиной высота бровок каналов должна позволять поднимать уровни на 0,25...0,3 м выше нормального. Оптимальная длина увлажнителей 400...800 м, их не доводят до конца поливного участка на 7 м. При компоновке осушительную и увлажнительную сети увязывают между собой.

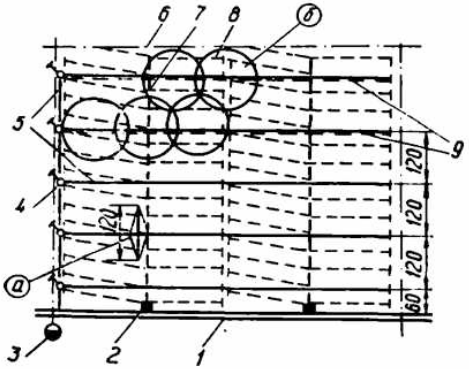


Рис. 19.6. Схема осушительно-увлажнительной системы при осушении закрытым дренажем и увлажнении с помощью машин ДДА-100М, ДДА-100МА (*а*) или ДДН-100 (*б*):

1 — магистральный канал; *2* — устье; *3* — насосная станция; *4* — водовыпуск; *5* — открытый увлажнитель; *6* — граница увлажнения; *7* — коллектор; *8* — дрены; *9* — дорогн. (Размеры в м.)

Сеть увлажнителей, нарезанных через 120 м, можно использовать для увлажнения дальнеструйным дождеванием ДДН-100, при этом длина увлажнителей должна быть кратна 60 м. Расстояния между позициями ДДН-100 по длине канала 120 м (рис. 19.6).

СТАЦИОНАРНАЯ СИСТЕМА И ПОЛУСТАЦИОНАРНАЯ С ГИБКИМИ ВОДОВОДАМИ

Осушительно-увлажнительные системы, осушительная и увлажнительная сети которых выполнены закрытыми, являются наиболее перспективными. Эти системы удобны в эксплуатации, их коэффициент земельного использования близок к единице. На них почти нет препятствий механизации сельскохозяйственных работ. Непродуктивные потери воды на таких системах сведены до минимума. Стационарные системы целесообразно создавать при производстве овощных и других ценных сельскохозяйственных культур, чтобы уменьшать срок окупаемости.

Применение для распределения воды гибких переносных водоводов позволяет сократить затраты на создание оросительной сети и уменьшить число гидрантов на единицу орошаемой площади. Полустационарная система с гибкими водоводами-питателями показана на рисунке 19.7. Комплект оборудования системы ВНИИГиМ для дождевания машиной ДДН-70 включает: гибкий водовод-питатель с гидрантами клапанного типа, телескопическую всасывающую линию, устройство для укладки водовода. его сборки и транспортировки. В комплекте оборудования, предложенного СевНИИГиМ, применяются сборные капроновые трубопроводы

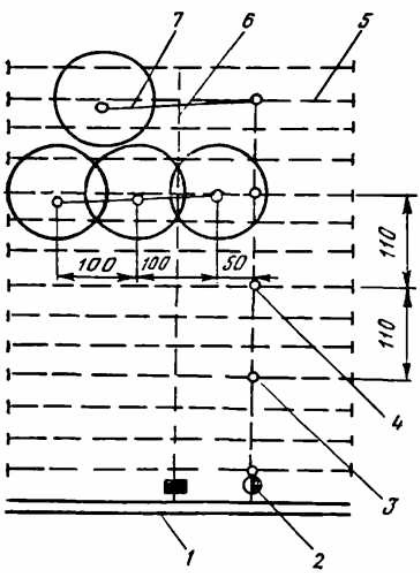


Рис. 19.7. Схема полустационарной осушительно-увлажнительной системы с применением гибких водоводов при поливе машиной ДДН-70:

1 — магистральный канал; *2* — насосная станция; *3* — закрытый трубопровод; *4* — гидрант; *5* — дрена; *6* — дренажный коллектор; *7* — гибкий водовод. (Размеры в м.)

со звеньями длиной 80...90 м, которые наматываются специальным устройством. В системе предусмотрен ограничитель напора.

На участках, расположенных у водоисточников, рационально применять переносные разборные трубопроводы при использовании машин ДДН-70 и ДДН-100. В качестве магистрального может быть трубопровод РТ-180, а распределительного — РТ-125. Оптимальная длина трубопроводов РТ-125 составляет 120 м.

Расстояния между магистральными трубопроводами определяются длиной переносных трубопроводов.

СИСТЕМЫ СО ШЛЮЗОВАНИЕМ КАНАЛОВ

При увлажнении шлюзованием осушительно-увлажнительная система (рис. 19.8) включает сеть открытых каналов, позволяющих регулировать водный режим территории, транспортирующих собирателей для подачи воды из водоисточников и регулирующих гидротехнических сооружений.

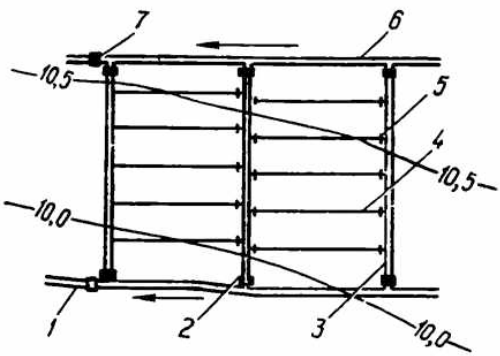


Рис. 19.8. Схема осушительно - увлажнительной сети со шлюзованием каналов:

1 — магистральный осушительный канал; *2* — шлюзы-регуляторы; *3* — осушительно-увлажнительные коллекторы; *4* — осушители-увлажнители; *5* — шлюзы на осушителях-увлажнителях; *6* — подводящий канал; *7* — шлюз на подводящем канале.

Вода по этой системе распределяется выпуском в каналы младшего порядка из старших каналов. При этом возможны два варианта увлажнительных воздействий: первый — с подачей воды в устья осушительно-увлажнительных каналов и второй — с подачей воды в истоки, что осуществляется маневрированием шлюзами-регуляторами. Шлюзы-регуляторы размещают по принципу командования нижерасположенной сетью, они должны обеспечивать положение уровня воды в каналах в вегетационный период в пределах 0,3...0,6 м от бровок.

Расстояния между осушительно-увлажнительными каналами определяется расчетом исходя из гидрогеологических условий массива, фильтрационных свойств грунтов, рельефа мелиорируемой площади, расположения водоисточника и водоприемника. Ориентировочно оно не должно превышать 100...150 м. Расстояния между открытыми коллекторами с учетом сельскохозяйственного использования территории принимают в пределах 200...400 м при их глубине до 2...2,5 м.

Для повышения равномерного увлажнения и снижения инерционности управления водным режимом целесообразно проводить мероприятия по увеличению фильтрационной способности почв и подстилающих грунтов, к которым относится кротование, щелевание и глубокое рыхление.

СИСТЕМЫ С КРОТОВЫМ ДРЕНАЖЕМ

Устройство кротового дренажа на системах шлюзования каналов обеспечивает более равномерное и оперативное управление водным режимом корнеобитаемой зоны. Этот способ применим на «кротоустойчивых» грунтах, где кротовины сохраняют работоспособность в течение нескольких лет. К таким грунтам относятся торфяники мощностью не менее 1,0 м и степенью разложения менее 50%, глинистые и суглинистые грунты с коэффи-

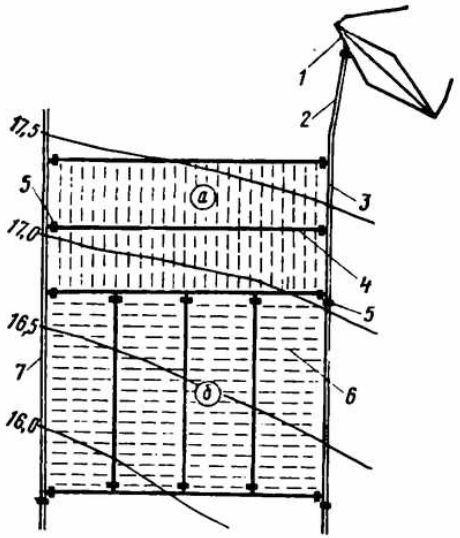


Рис. 19.9. Схемы осушительно-увлажнительной системы с кротовыми дренами:

1 — водохранилище; *2* — подводящий канал; *3* — нагорный канал; *4* — осушители-увлажнители; *5* — шлюзы-регуляторы; *6* — кротовые дрены; *7* — магистральный осушительный канал.

циентом устойчивости к размыканию ($\rho<0,3$). Пылеватые, супесчаные и песчаные грунты относятся к неустойчивым и не подвергаются кротованию.

Кротовые дрены располагают перпендикулярно или под углом не менее 20° к каналам как по продольной (рис. 19,9, *а*), так и по поперечной схеме (рис. 19.9, *б*). Эти дрены нарезают через 5...10 м, с минимальным уклоном или без уклона, глубиной 0,6...0,9 м. Расстояние между осушительно-увлажнительными каналами зависит от допустимой длины кротовых дрен и составляет 200...300 м при одностороннем расположении их и 400...500 м при двухстороннем. Протяженность осушительно-увлажнительных каналов находится в интервале 800...1 500 м.

Глубина открытых осушительно-увлажнительных каналов принимается из условий осушения и сопряжения дренажа с ними в вертикальной плоскости. Обычно глубина составляет не более 0,8...0,9 м при достаточном уклоне и более 1,2 м на безуклонных территориях.

Шлюзы-регуляторы, расположенные с учетом наилучшего командования сетью каналов, должны ограничивать подпертый уровень воды на высоте 0,3...0,4 м от бровок, этот же уровень должен превышать устья дрен, расположенных с уклоном, на 0,6...0,7 м, а устья безуклонного кротового дренажа на 0,3...0,4 м.

К недостаткам осушительно-увлажнительных систем с кротовым дренажем относятся: необходимость поддержания высоких уровней воды в каналах, слабая устойчивость кротовых дрен, потребность в тщательной планировке территории для достижения равномерного увлажнения по площади.

СИСТЕМЫ УВЛАЖНЕНИЯ ШЛЮЗОВАНИЕМ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

Осушительно-увлажнительные системы с материальным дренажем, регулирующим водный режим корнеобитаемого слоя, эффективны на территориях с высокой ($k\geq0,5...1,0$ м/сут) водопроницаемостью почвы и подстилающих горизонтов. В этих условиях обеспечивается необходимое повышение влажности за 3...6 сут. Системы строят с односторонним (на участках с большими уклонами) и двухсторонним впадением дренажа в открытые осушители-увлажнители или в закрытые коллекторы, протяженность которых принимают 600...800 м. Длина дрен 150...200 м при глубине их укладки 1,2...1,4 м. Схемы комбинированных и закрытых осушительно-увлажнительных систем показаны на рисунках 19.10 и 19.11.

Для обеспечения более равномерного и оперативного управления водным режимом, а также для увеличения расстояний между дренами применяют комбинирование закрытого дренажа с кротованием (рис. 19.10, *а* и 11, *а'*, *б'*). Это рационально на грунтах с пониженной естественной фильтрационной способностью.

Вода в систему дрен-увлажнителей может подаваться по следующим

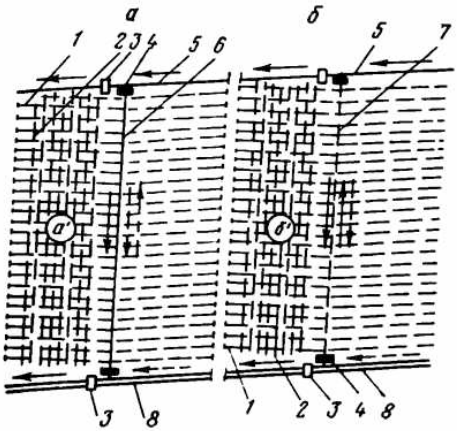


Рис. 19.10. Схемы комбинированных осушительно-увлажнительных систем с закрытым дренажем:

а — с открытым осушителем-увлажнителем; *б* — с закрытым коллектором; *а'*, *б'* — дополнительно с кротованием; *1* — трубчатые (или кротовые) дрены; *2* — кротовины; *3* — русловой шлюз; *4* — шлюз-регулятор; *5* — нагорный канал (распределитель); *6* — осушитель-увлажнитель; *7* — коллектор; *8* — магистральный канал. Сплошными стрелками показано движение воды при осушении, штрихованными — при увлажнении.

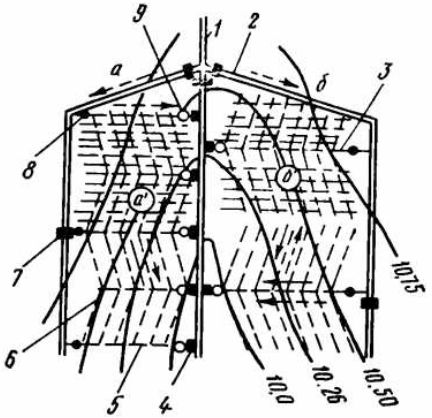


Рис. 19.11. Схемы закрытой осушительно-увлажнительной системы:

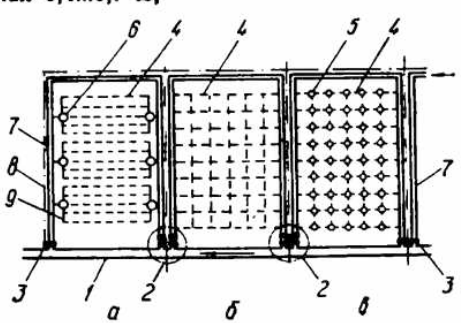
а — с увлажнительными коллекторами; *б* — без увлажнительных коллекторов; *а'* и *б'* — дополнительно с кротованием; *1* — магистральный канал; *2* — распределительный канал; *3* — осушительно-увлажнительные коллекторы; *4* — устья коллекторов; *5* — увлажнительные коллекторы; *6* — дрены-увлажнители; *7* — шлюзы-регуляторы; *8* — приемные колодцы; *9* — колодцы с регуляторами уровней. Сплошными стрелками показано движение воды при осушении, штрихованными — при увлажнении.

основным схемам: в устья коллекторов-увлажнителей из проводящих осушительных каналов; в истоки коллекторов-увлажнителей из подводящих каналов-распределителей; в истоки коллекторов-увлажнителей из напорных трубопроводов; специальными увлажнительными трубопроводами из сети распределительных каналов. Технический уровень, степень сложности системы и ее стоимость возрастают от первой к последней схеме. Возможно комбинирование способов подачи воды, например через устья и истоки, что обеспечивает большую гибкость работы систем. Для подачи воды в истоки дрен предусматривают коллекторы-увлажнители (рис. 19.11, *а*), в каждом из которых устраивают приемные колодцы, а в устье — колодцы с регулятором уровней.

На территории с торфяными почвами, имеющими малые уклоны, создают осушительно-увлажнительные системы с малыми уклонами дренажа (i=0,0005...0,001) и безуклонные дренажные системы (рис. 19.12). Эти системы позволяют: уменьшать глубину регулирующих и проводящих элементов, что удовлетворяет требования охраны природы; ограничивать напоры в каналах и коллекторах в пределах 0,4...0,7 м;

Рис. 19.12. Схемы осушительно-увлажнительных систем с безуклонным дренажем:

а — система с грунтовыми коллекторами; *б* — система с перекрестным дренажем без колодцев; *в* — система с перекрестным дренажем с потайными колодцами; *1* — магистральный канал; *2* — водорегулирующий узел; *3* — шлюзы-регуляторы; *4* — дрены; *5* — потайные колодцы; *6* — дренажные колодцы; *7* — транспортирующие собиратели (распределители); *8* — дороги; *9* — коллекторы.



увеличивать длину дрен до 800...1000 м и более, а следовательно, и площадь полей до 100...400 га и более; создавать более равномерное увлажнение по площади при меньшем переувлажнении приканальных зон; повышать надежность работы, упрощать эксплуатационное управление и автоматизировать работу систем.

Во избежание заиления и засорения закрытой сети в приемных колодцах необходимо устраивать решетки. Увлажнительные коллекторы должны иметь выход в открытую сеть для обеспечения промывки. На малоуклонных и безуклонных системах важно использовать дрены большего диаметра:

диаметр дрен, мм	50	75	100	125	150
длина дрены, м	200	400	700	1 000	1 200

Для раздельного управления водным режимом отдельных полей устраивают два параллельных транспортирующих собирателя (рис. 19.12). В простейшем случае параллельные транспортирующие собиратели могут быть заменены одним, при этом теряется возможность раздельного управления водным режимом отдельных полей (справа и слева от транспортирующего собирателя).

Созданию систем с безуклонным и малоуклонным дренажем должна предшествовать экспериментальная проверка работоспособности схем в конкретных условиях.

СХЕМА СОВМЕЩЕННОЙ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

На совмещенной осушительно-увлажнительной системе закрытые коллекторы осушительной сети используют в качестве распределительных трубопроводов для подачи воды к дождевальным машинам (рис. 19.13). Таким образом удается в значительной мере снизить стоимость и металлоемкость системы. В устьях вспомогательных коллекторов *2* устанавливают обратные клапаны, препятствующие поступлению воды в дрены при увлажнении. Коллекторы-увлажнители собирают из асбестоцементных низконапорных или керамических труб на муфтах. Вода забирается дождевальными машинами из смотровых колодцев *8*. Для подачи воды используют недорогие низконапорные насосные станции.

Перспективным направлением совершенствования осушительно-увлажнительных систем является переход на замкнутые или частично замкнутые водооборотные системы, позволяющие повторно использовать дренажные воды на увлажнение и предохраняющие водоисточники от загрязнения.

Совмещенная осушительно-увлажнительная система (СОУС) двухстороннего действия, построенная по замкнутой схеме, позволяет использовать дренажный сток для увлажнения корнеобитаемого слоя почвы в периоды вегетации, допускает полив сельскохозяйственных культур и высокопроизводительную промывку закрытого дренажа (рис. 19.14).

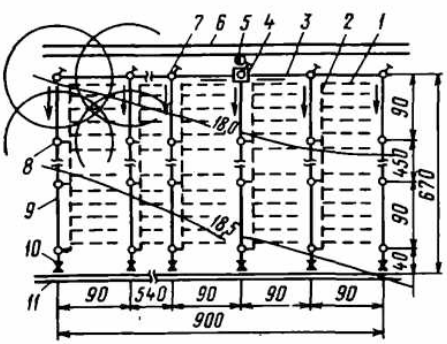


Рис. 19.13. Схема совмещенной осушительно-увлажнительной системы с использованием машины ДДН-70 и коллекторов в качестве распределителей:

1 — дрены; *2* — вспомогательный коллектор; *3* — магистральный трубопровод-распределитель; *4* — распределительный колодец; *5* — насосная станция; *6* — водоисточник; *7* — водовыпуск; *8* — смотровой колодец; *9* — трубопровод-распределитель; *10* — задвижка; *11* — осушительный магистральный канал. (Размеры в м.)

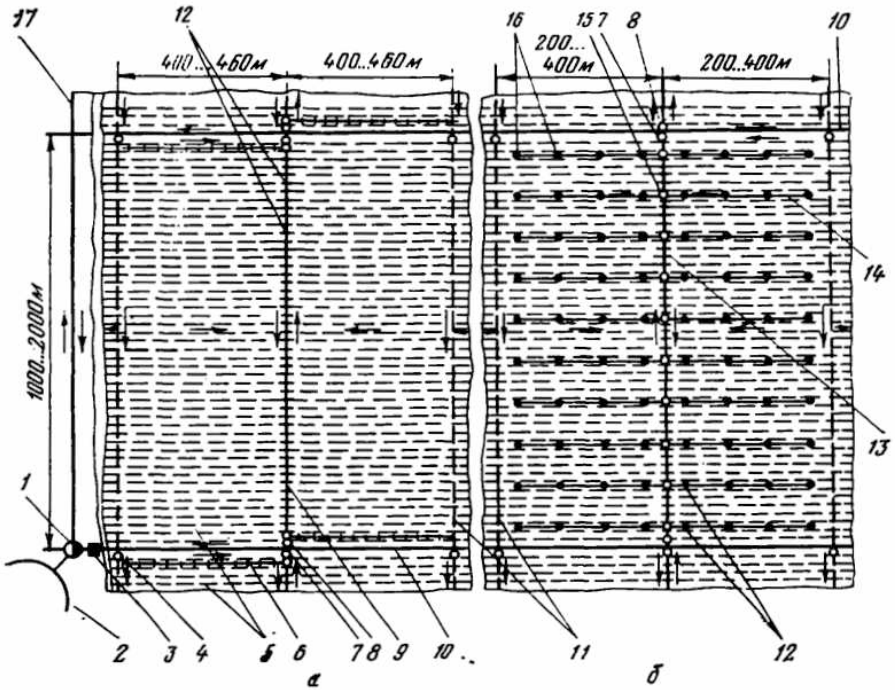


Рис. 19.14. Схема совмещенной осушительно-увлажнительной системы универсального типа с замкнутым водооборотом и аккумулирующим водоемом при осушении закрытым дренажем и увлажнении дождевальными машинами «Волжанка» (*а*), типа ДДН и аппаратами типа ДД, подземными и наземными поливными трубопроводами (*б*):

1 — совмещенная насосная станция; *2* — аккумулирующий водоем; *3* — отстойник; *4* — промывочный колодец с водосливным стояком с задвижкой (или с регулятором уровней); *5* — осушительные (или осушительно-увлажнительные) дрены; *6* — крыло дождевальной машины «Волжанка»; *7, 8* — смотровые колодцы с регулирующими задвижками; *9* — оросительный трубопровод — боковой коллектор; *10* — подводящий трубопровод — главный коллектор; *11* — промывочные трубопроводы; *12* — переходные сборочные единицы с обратными клапанами спаренной конструкции; *13* — распределительный трубопровод — боковой коллектор; *14* — стационарный или передвижной оросительный трубопровод (или подземный, или наземный поливной трубопровод); *15* — колодец переключения; *16* — гидранты; *17* — магистральный трубопровод.

В таких системах вся сеть осушительных коллекторов — боковых и главных — может быть совмещена с сетью напорных трубопроводов соответственно оросительных *9* или распределительных *13* и подводящих *10*, питающих дождевальные машины типов: «Волжанка», «Днепр», «Фрегат», «Сигма», ДДН и дождевальные насадки типа ДД и др. Устья дрен *5* присоединяются к оросительным *9* или распределительным *13* трубопроводам посредством специальных переходных сборочных единиц с обратными клапанами конструкции ВНИИГиМ (рис. 19.15).

При сложном микрорельефе местности, когда боковые осушительные коллекторы проходят по непараллельным друг другу трассам по условиям осушения, можно проектировать неполную совмещенную систему, то есть совмещать только главный коллектор (коллектора I порядка) с подводящим трубопроводом *10*, питающим дождевальные машины «Волжанка», «Днепр», «Фрегат» и «Сигма», и устанавливать переходные сборочные единицы с обратными клапанами только в точках пересечений боковых коллекторов *9*, *13* с подводящим трубопроводом *10*. Чтобы промывка закрытого дренажа путем подачи воды в истоки дрен была более эффективной,

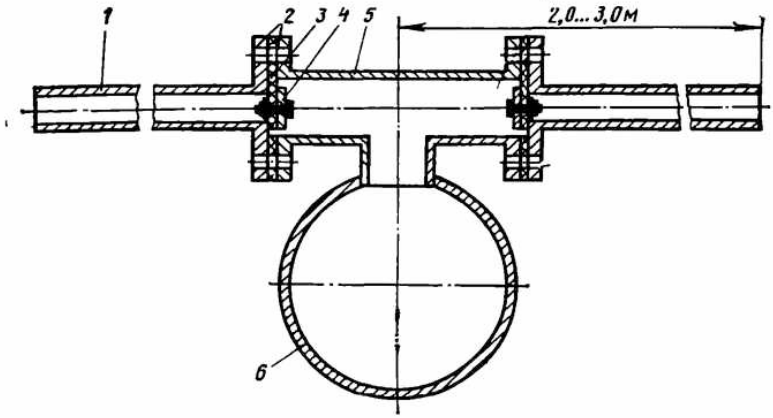


Рис. 19.15. Переходная (от дрен к напорному трубопроводу) сборочная единица с обратными клапанами конструкции ВНИИГИМ:
1 — патрубок; *2* — фланцы; *3* — резиновая прокладка; *4* — бесшарнирный плоский клапан двойного действия; *5* — тройник; *6* — оросительный (или распределительный) трубопровод — боковой коллектор.

диаметр боковых коллекторов следует принимать постоянным по всей их длине.

В связи с тем, что сечение оросительных *9* или распределительных *13* трубопроводов, рассчитываемое из условия орошения, значительно больше по сравнению с сечением осушительных коллекторов, рассчитываемым из условия осушения, можно увеличить длину дрен *5* до 400...450 м (в зависимости от типа применяемой дождевальной техники, рельефных или иных условий) при стандартном диаметре дрен 50 мм.

Чтобы достигнуть равномерного осушения по всему полю при СОУС, дрены *5* необходимо укладывать параллельно поверхности земли (после выполнения планировочных работ). При этом можно допускать и нулевой уклон дрен, так как надежная система промывки исключает опасность заиления и заохривания, а также образование в дренах слизистых органических отложений при использовании для орошения сточных вод.

Система промывки СОУС включает объединяющие истоки дрен *5* телескопического сечения промывочные трубопроводы *11* (укладываемые из безнапорных асбестоцементных, полиэтиленовых или керамических труб с наружными муфтами), устанавливаемые в начале промывочных трубопроводов *11* промывочные колодцы *4*, оборудованные водосливными стояками, имеющими регулирующие задвижки. Вода на промывку подается в промывочные колодцы *4* из напорной сети через водосливные стояки. Напор воды, создаваемый этими колодцами, не превышает 3 м. Уровень воды регулируется автоматически с помощью регуляторов уровней, либо вручную при помощи регулирующей задвижки. Длину промывочных трубопроводов *11* принимают равной длине оросительных *9* или распределительных трубопроводов *13*, а диаметр — на начальном участке в пределах 200...300 мм в зависимости от общей длины трубопровода, на последнем участке 100 мм. Чтобы не допустить заиления последнего участка, диаметр одной-двух последних дрен принимают на один порядок больше по сравнению с принятым расчетным диаметром дрен.

Для осаждения наносов из воды, используемой для промывки СОУС, перед аванкамерой насосной станции *1* устраивают отстойник *3* с донной промывкой.

Нередко экономически целесообразна замена постоянных промывочных трубопроводов *11* с промывочными колодцами *4* на гибкие переносные трубопроводы. На этих трубопроводах на расстоянии, равном междренно-

му, имеются гибкие боковые отводы, которые подключают при промывке к истокам дрен при помощи вертикальных коленчатых отводов. Начало гибкого переносного трубопровода присоединяют к напорному стояку с задвижкой, а конец заглушают пробкой. При этом необходимые напор и расход воды создают с помощью задвижки, установленной на напорном стояке. Скорость движения воды в дренах при промывке должна быть не менее 0,25...0,35 м/с, а в промывочных трубопроводах (стационарных или переносных) во избежание их заиления не менее 0,6...0,7 м/с.

19.4. РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Осушительно-увлажнительный режим зависит от климатических, почвенных и гидрогеологических условий, вида выращиваемых культур, принятых способов управления водным режимом и применяемых агротехнических технологий.

Различают расчетные и эксплуатационные осушительно-увлажнительные режимы.

Расчетный осушительно-увлажнительный режим используют для обоснования параметров мелиоративной системы: объема водохранилищ или прудов, размеров каналов и трубопроводов, параметров осушительных элементов, характеристик насосных станций, числа и типа увлажнительных аппаратов.

Поливная норма — количество воды, подаваемой на 1 га за один полив, устанавливают, исходя из прогноза водного режима в зависимости от принятого способа увлажнения для поддержания влажности корнеобитаемой зоны в допустимых пределах.

Оросительная норма определяется для каждой культуры севооборота и равна сумме поливных норм. Оросительные нормы даже для одного района колеблются в широких пределах в зависимости от водно-физических свойств почв, условий водного питания массива и рельефа местности. Меньше всего нуждаются в увлажнении участки с интенсивным грунтовым питанием, наибольшие оросительные нормы необходимы для влаголюбивых культур на легких почвах с малым капиллярным подпитыванием.

РАСЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА НА ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Расчет подпочвенного увлажнения. При подпочвенном увлажнении запасы влаги в расчетном слое увеличиваются в результате подъема поверхности грунтовых вод. При небольшой скорости подъема, обычно соответствующей 4...6 см/сут, вместе с поверхностью грунтовых вод поднимается и капиллярная кайма, этим самым увеличивая влажность в расчетном слое почвы. Поскольку уровень грунтовых вод обычно расположен ниже расчетного слоя, то для увлажнения необходимо подать некоторое добавочное количество воды для заполнения свободных пор в зоне между расчетным слоем и уровнем грунтовых вод.

Величина, на которую следует поднять поверхность грунтовых вод (рис. 19.16), чтобы увеличить среднюю влажность в расчетном слое мощностью h_r от начальной w_1 до требуемой w_2, может быть определена из следующих соображений. Влажность в относительных единицах

$$\beta = (w_c - w_0)/(P - w_0),$$

где w_c — средняя влажность в расчетном слое; w_0 — влажность на верху капиллярной каймы или максимальная молекулярная влагоемкость; P — пористость. Для увеличения средней влажности в расчетном слое с β_1 до β_2

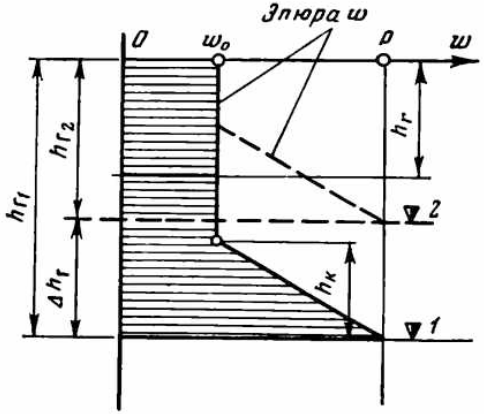


Рис. 19.16. Схема к расчету подпочвенного увлажнения:

1 и *2* — соответственно поверхность грунтовых вод и капиллярная кайма перед и после увлажнения.

поверхность грунтовых вод надо поднять на величину

$$\Delta h_r = (\sqrt{\beta_2} - \sqrt{\beta_1})\sqrt{2h_r h_к},$$

где $h_к$ — максимальная высота капиллярного подъема.

При этом воздействии запасы грунтовых вод надо увеличить на

$$\Delta W_г = \Delta h_г (P - w_0),$$

причем из нее на увеличение влажности в расчетном слое будет использовано

$$\Delta W_в = (\beta_2 - \beta_1)(P - w_0) h_r.$$

После увлажнения расчетного слоя дрены (или каналы) освобождаются от подпора, часть поданной воды отводится осушительной сетью и понижается уровень грунтовых вод, поэтому коэффициент использования будет равен

$$\eta = \frac{\Delta W_в}{\Delta W_г} = (\sqrt{\beta_2} - \sqrt{\beta_1})\sqrt{\frac{h_r}{2h_к}}.$$

Как правило, только 50...60% поданной воды идет на увлажнение расчетного слоя, поэтому подпочвенное увлажнение с точки зрения расходования поливной воды малоэффективно. Повторно использовать сбрасываемую после увлажнения воду обычно трудно по техническим причинам.

Расчет водного и поливного режимов осушаемых земель. Расчет режима увлажнения осушаемых земель имеет некоторые особенности, вызванные неглубоким залеганием грунтовых вод и наличием интенсивного дренажа. Следствием этого является тесная взаимосвязь влажности почвы и грунтовых вод. Поливы в этих условиях надо назначать аккуратно, так как незначительное переувлажнение вызывает потери оросительной воды, излишнюю промываемость почв, сопровождающуюся потерей питательных веществ и подъемом уровней грунтовых вод, что в конечном счете существенно понижает продуктивность сельскохозяйственных угодий.

В этих условиях для обоснования мелиоративных мероприятий необходимо использовать методы, позволяющие рассчитывать взаимосвязанные процессы влагопереноса при полном и неполном насыщении почвы.

Режим влажности почвы существенно нестационарен и зависит от неравномерно выпадающих во времени осадков, поливов, переменной эвапотранспирации и других факторов. Применительно к взаимодействию между почвенными и грунтовыми водами в почве выделяют две зоны — верхнюю, корнеобитаемую, и нижнюю транзитную (рис. 19.17). Влажность в верхней зоне (мощностью h_r) колеблется в широких пределах и определяется не столько влагообменом с грунтовыми водами, сколько осадками, поливами и испарением. Влажность транзитной зоны (мощностью h_t) из-за сравнительно высокого увлажнения и высокой водопроницаемости более стабильна.

Для расчета водного режима (по Голованову А. И.) используют систему уравнений:

$$Q = -\Delta\tau k\,[0{,}5\,(\overline{w}_r + 1)]^{3{,}5}\left[\overline{h}_t^{-1}\left(\frac{1}{\nu}\ln\overline{w}_r\right)^{1/3} + 1\right], \qquad (19.1)$$

$$Q = h_2(\mu + 0{,}5D_0\Delta\tau) - h_1(\mu - 0{,}5D_0\Delta\tau) - D_0\Delta\tau h_0, \qquad (19.2)$$

$$W_2 = W_1 + O_с + M - E_с + Q, \qquad (19.3)$$

где Q — суммарное количество влаги, перенесенное потоком интенсивностью q за интервал времени $\Delta\tau$; k — коэффициент фильтрации; $\bar{w}_r$ — приведенная влажность на нижней границе корнеобитаемой зоны:

$$\bar{w}_r = \frac{w_r - w^*}{p - w^*}; \qquad w_r = (1{,}15 \ldots 1{,}20)\, w; \qquad w = \frac{W_r}{h_r}, \qquad (19.4)$$

w_r — влажность на нижней границе корнеобитаемой зоны; w и W_r — соответственно средняя влажность и влагозапасы корнеобитаемой зоны; w^* — максимальная молекулярная влагоемкость; p — пористость:

$$h_t = h - h_r, \qquad (19.5)$$

h — глубина грунтовых вод; ν — коэффициент, зависящий от механического состава почвы, принимается для суглинистых и супесчаных почв $\nu = 2{,}7$; h_1, h_2 — соответственно глубина грунтовых вод в начале и в конце расчетного интервала времени $\Delta\tau$; μ — коэффициент водоотдачи грунта; D_0 — интенсивность дренирования, то есть модуль дренажного стока при напоре на междренье, равном 1 м (определяется по формулам А. Н. Костякова, С. Ф. Аверьянова, В. М. Шестакова); h_0 — глубина заложения дренажа (случай горизонтального дренажа); W_1, W_2 — соответственно влагозапасы корнеобитаемой зоны в начале и в конце расчетного интервала $\Delta\tau$; O_c — используемые атмосферные осадки; E_c — суммарное испарение; M — количество поливной воды, поступившей в корнеобитаемую зону за интервал $\Delta\tau$.

Система уравнений (19.1)...(19.3) связывает между собой изменения влажности корнеобитаемой зоны, колебания уровня грунтовых вод и позволяет рассчитывать баланс влаги в корнеобитаемой зоне, баланс грунтовых вод, водообмен между грунтовыми водами и корнеобитаемой зоной за некоторый интервал $\Delta\tau$.

При расчете величины $\bar{w}_r$, входящей в уравнение (19.1), влажность на нижней границе корнеобитаемой зоны w_r определяется по среднему за интервал значению влагозапасов в корнеобитаемой зоне:

$$w_r = (1{,}15 \ldots 1{,}20)\,(W_1 + W_2)/(2h_r), \qquad (19.6)$$

а при расчете величины $\bar{h}_t$ используется средняя за интервал глубина грунтовых вод:

$$h = (h_1 + h_2)/2. \qquad (19.7)$$

В межполивной период система уравнений (19.1)...(19.3) содержит три неизвестных W_2, h_2 и Q. Способ расчета водного режима и режима поливов основан на решении этой системы уравнений относительно неизвестных подбором. Порядок расчета приведен в таблице 19.4.

Вегетационный период разбивают на ряд временных интервалов (графа 1). С одной стороны, чем короче интервал, тем детальнее и точнее расчет. С другой стороны, при увеличении $\Delta\tau$ сокращается объем расчетов. Целесообразно принимать интервал $\Delta\tau \approx 3 \ldots 5$ сут.

В графах 2 и 3 записывают осадки и суммарное испарение для каждого интервала.

Мощность корнеобитаемой зоны (графа 4) изменяется в течение вегетации вместе с развитием корневой

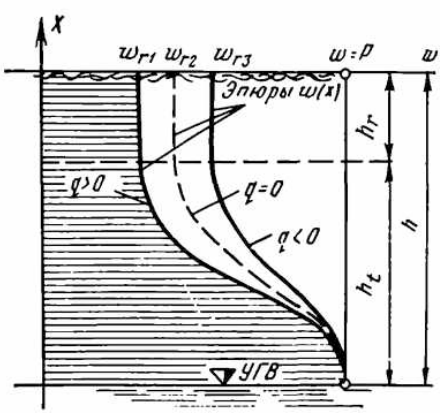


Рис. 19.17. Схема к расчету водного и поливного режимов осушаемых земель.

19.4. Порядок расчета водного и поливного режимов (пример расчета)

$\Delta\tau$ сут	O_c м	E_c м	h_r м	W_1 м	h_1 м	h_2 м	W_2 м
1	2	3	4	5	6	7	8
5	—	0,0125	0,54	0,1384	2,0	2,030 2,028	0,1325 0,1319
0,25	—	0,0006	0,57	0,1405	2,028	2,018 2,020	0,1999 2,2006

Продолжение

Q м	h_2 м	w_2 м³/м³	M м	ΔW м	B м	D м
9	10	11	12	13	14	15
+0,0055	2,026					
+0,0060	2,028	0,6079	—	—0,0065	0,0000	0,0024
—0,0022	2,021					
—0,0023	2,020	1,0055	0,0650	+0,0031	+0,0001	0,0001

системы и может быть определена в любой момент времени, например, по зависимости

$$h_r = a\bar{\tau}^2 + b\bar{\tau} + h_{r0},$$

$$a = h_{r0} - h_{r\kappa}; \qquad b = -2a; \qquad \bar{\tau} = \tau/T, \tag{19.8}$$

где h_{r0}, $h_{r\kappa}$ — соответственно начальная и конечная мощности корнеобитаемой зоны в течение вегетационного периода продолжительностью T (сут); τ — время, отсчитываемое от начала вегетации, сут.

В графу 5 записывают рассчитанные влагозапасы корнеобитаемой зоны в начале каждого интервала, при этом в начале первого интервала влагозапасы W_1 необходимо задать. Далее влагозапасы в начале каждого последующего интервала W_1'' рассчитывают, исходя из влагозапасов в конце предыдущего интервала W_2' с учетом изменения мощности корнеобитаемой зоны.

Мощность корнеобитаемой зоны в течение интервала $\Delta\tau$ принимается постоянной и скачкообразно изменяющейся на границе интервалов на величину $\Delta h_r = h_r'' - h_r'$, где h_r' и h_r'' — соответственно мощности корнеобитаемой зоны в предыдущем и последующем интервалах. При допущении, что влажность этого добавочного слоя одинакова по его высоте и равна влажности в конце предыдущего интервала w'_{r2} на границе корнеобитаемой зоны h_r', влагозапасы в начале последующего интервала определяют так:

$$W_1'' = W_2' + w'_{r2}\Delta h_r, \tag{19.9}$$

где

$$w'_{r2} = (1{,}15\ldots1{,}20)\, W_r'/h_r'. \tag{19.10}$$

Глубину грунтовых вод h_1 в начале первого интервала задают (графа 6), а в последующих интервалах определяют расчетом.

В графы 1...6 вписаны величины, входящие в систему уравнений (19.1)... (19.3). Константы k, w^*, p, μ, ν, D_0, h_0, h_{r0}, $h_{r\kappa}$, T должны быть заданы. Таким образом, имеются все величины, необходимые для решения системы уравнений (19.1)...(19.3).

Начиная решать эту систему, задаются глубиной грунтовых вод в конце интервала h_2 (графа 7), затем по уравнению (19.2) определяют водооб-

мен Q за интервал $\Delta\tau$. Имея Q, находят влагозапасы в корнеобитаемой зоне в конце интервала W_2 (графа 8) по уравнению (19.3).

Проверяют, насколько верно была задана глубина грунтовых вод h_2 для конца интервала. Для этого определяют влагообмен Q за этот интервал по уравнению (19.1) (полученную величину заносят в графу 9), зная его из уравнения (19.2) определяют глубину грунтовых вод h_2 (ее значение заносят в графу 10). Если полученная h_2 не совпадает с заданной, то принимают другое ее значение и повторяют расчет в последующей строке таблицы до совпадения (с необходимой точностью) заданной и расчетной глубины грунтовых вод в конце интервала $\Delta\tau$. В результате этого цикла расчетов определяют взаимосвязанные величины W_2, h_r, Q.

Получив расчетное значение влагозапасов корнеобитаемой зоны W_2, решают вопрос о необходимости полива. Для этого определяют среднюю влажность корнеобитаемой зоны в конце интервала (графы 11)

$$w_2 = W_2/h_r,$$

которую сопоставляют с принятой минимально допустимой предполивной влажностью w_{min}. При $w_2 < w_{min}$ необходимо назначать полив. Дату полива через τ' определяют с учетом того, что влажность в течение интервала изменялась линейно. Установив дату полива, повторяют расчет для интервала, уменьшенного до величины τ'. Определяют соответствующую влажность в конце сокращенного периода w_2 и влагозапасы W_2.

Поливную норму M (графа 12) находят из условия увеличения влажности корнеобитаемой зоны до принятого максимального значения w_{max}:

$$M = w_{max}h_r - W_2.$$

Поливной период рассчитывают как отдельный интервал, в пределах которого можно пренебречь испарением E_c, осадками O_c и водообменом Q.

Графы 13, 14 и 15 являются вспомогательными и служат для проверочных балансовых расчетов.

В графу 13 записывают изменения влагозапасов корнеобитаемой зоны:

$$\Delta W = W_2 - W_1.$$

В графе 14 подводится баланс влаги в корнеобитаемой зоне за интервал:

$$B = \Delta W - O_c + E_c - M - Q.$$

Величина B должна быть близкой к нулю.

В графе 15 записывается количество воды, отводимой дренажем при $h_2 < h_0$:

$$D = D_0\left(h_0 - \frac{h_2 + h_1}{2}\right)\Delta\tau.$$

В данном примере (табл. 19.4) рассмотрены два интервала (предполивной и поливной) и использованы следующие исходные данные: $k = 0{,}2$ м/сут; $w^* = 0{,}2$ м³/м³; $p = 0{,}5$ м³/м³; $\mu = 0{,}3$; $D = 0{,}001$ сут$^{-1}$; $h_0 = 2{,}5$ м; $h_{r0} = 0{,}5$ м; $h_{rк} = 0{,}9$ м; $T = 80$ сут.

Максимальная влажность w_{max} принята равной НВ, минимальная — равной 0,7 НВ. Продолжительность полива принята равной 0,25 сут. Влажность в конце интервала (графа 11) выражена в долях от НВ.

Для Нечерноземной зоны РСФСР глубину расчетного слоя рекомендуется принимать равной $h_{r0} = 0{,}1...0{,}2$ м в начале вегетации и $h_{rк} = 0{,}3...0{,}5$ м в конце в зависимости от вида возделываемых сельскохозяйственных культур.

Ориентировочные поливные нормы летом при дождевании: легких почв 20...30 мм; тяжелых почв 30...45 мм; мощных торфяных почв 30...40 мм.

При выращивании овощей рассадным способом применяют послепосадочные (приживочные) поливы нормами 10...20 мм.

Сезонные нормы увлажнения для одной и той же культуры колеблются в широких пределах для одного и того же района, для многих районов сельскохозяйственного производства имеются рекомендации.

Глава 20. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ НА ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

20.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ СООРУЖЕНИЙ

Гидротехнические сооружения предназначены для управления потоком воды при ее удалении с осушаемой территории, поддержания необходимого водно-воздушного режима почв, обеспечения переезда через каналы. На осушительных и осушительно-увлажнительных системах проектируют сооружения на каналах и на закрытой сети.

На каналах устраивают регуляторы, переезды, перепады и быстротоки. По капитальности сооружения делятся на четыре класса (табл. 20.1).

Регуляторы предназначены для регулирования расходов, поддержания в каналах необходимых уровней воды и накопления ее перед сооружением. Они подразделяются на открытые и закрытые (трубчатые).

Конструктивная схема открытых регуляторов (на расход воды до 150 м³/с при напоре 2...3,5 м) показана на рисунке 20.1, а их основные характеристики приведены в таблице 20.2.

В основу конструкции открытых регуляторов положен док, распертый вверху плитами пролетных строений. Понур и рисберма закреплены плитами. Подземный контур может быть выполнен со шпунтом и без шпунта.

Конструктивная схема трубчатых регуляторов-переездов, строящихся без перепада и с перепадом до 1 м на расход до 10 м³/с, показана на рисунке 20.2, а их основные характеристики приведены в таблице 20.3.

Водопроводящая часть таких трубчатых регуляторов-переездов выполнена из звеньев круглых труб, уложенных в одну или две нитки под насыпью дороги на уровне дна канала, с входным и выходным оголовками портального типа. Входной оголовок имеет коробчатый затвор с подъемником. Понур и рисберма крепятся железобетонными плитами. В нижнем бьефе предусмотрены гасители в виде разрезных водобойных стенок.

Конструктивная схема трубчатых регуляторов-переездов на расход от 7 до 20 м³/с показана на рисунке 20.3, а их основные характеристики приведены в таблице 20.4.

20.1. Класс сооружений

Площадь осушаемых земель, обслуживаемая одним сооружением, тыс. га	Класс сооружения	Расчетная обеспеченность максимальных расходов или уровней воды, %	
		основной расчетный случай	поверочный расчетный случай
Более 400	I	0,1	0,01
Более 100 до 400	II	1	0,1
Более 50 до 100	III	3	0,5
Менее 50	IV	5	1,0

Примечание. Сооружение должно нормально функционировать при пропуске расходов воды, соответствующих основному расчетному периоду. При поверочном расчете допускается нарушение нормальной работы сооружения, последствия которого могут быть устранены после пропуска паводка.

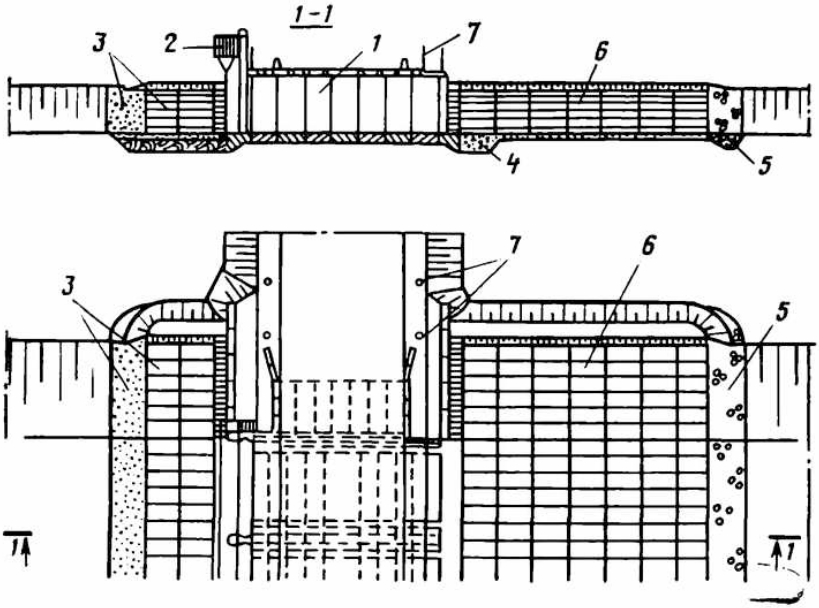


Рис. 20.1. Конструктивная схема открытых шлюзов-регуляторов:
1 — водопроводящая часть докового типа; *2* — затвор; *3* — понур; *4* — обратный фильтр; *5* — зуб из камня; *6* — рисберма; *7* — надолба.

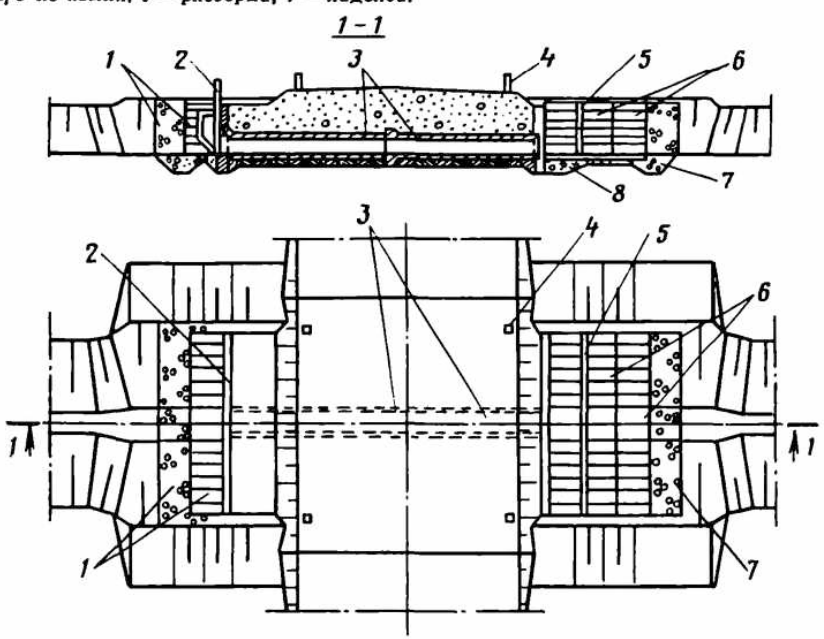


Рис. 20.2. Конструктивная схема трубчатых регуляторов-переездов на расход до 10 м³/с без перепада и с перепадом до 1 м:
1 — понур; *2* — оголовок с затвором; *3* — водопроводящая часть из звеньев круглых труб; *4* — надолба; *5* — гасители; *6* — рисберма; *7* — зуб из камня; *8* — обратный фильтр.

20.2. Основные характеристики открытых регуляторов (по данным типовых проектов)

Расчетный расход, м³/с	Напор, м	Число отверстий, (ниток)	Ширина отверстий, м	Объем выемки из котлована, м³	Объем засыпки пазух и насыпи подъездов, м³	Объем сборного железобетона, м³	Объем монолитного железобетона, м³	Масса металлоконструкций, тыс. кг
18	2	1	4,0	2 440	1 410	94	28	4,38
25...45	2,0...3,0	1	4,0...5,5	2 800...5 070	1 410...2 760	103...150	31...40	4,9...7,1
50...92	2,5...3,5	2	4,0...5,5	4 100...7 120	1 990...3 620	144...205	46...60	8,8...12,8
110	3,5	2	5,5	7 880	3 620	225	64	13,6
140...150	3,0...3,5	3	5,5	7 100...10 680	2 760...3 620	261...282	79...84	18,2...19,8

20.3. Основные характеристики трубчатых регуляторов-переездов на расход до 10 м³/с без перепада и с перепадом до 1 м (по данным типовых проектов)

Расчетный расход, м³/с	Напор, см	Число отверстий	Диаметр трубы, см	Объем сборного железобетона, м³	Объем монолитного железобетона, м³	Масса арматуры, кг
0,5...0,8	150	1	60	7,30...10,37	1,15...1,35	990...1 990
0,8...1,4	150...200	1	80	8,15...17,12	0,80...2,20	1 040...2 770
1,2...2,3	150...200	1	100	10,61...19,57	1,46...2,93	1 200...2 270
2,4...3,3	200	1	120	17,33...22,71	4,30...5,01	2 230...2 740
3,8...5,1	250	1	150	24,81...35,24	4,56...5,88	3 750...5 170
7,6...10,2	250	2	150	39,24...55,01	5,70...7,50	5 500...6 980

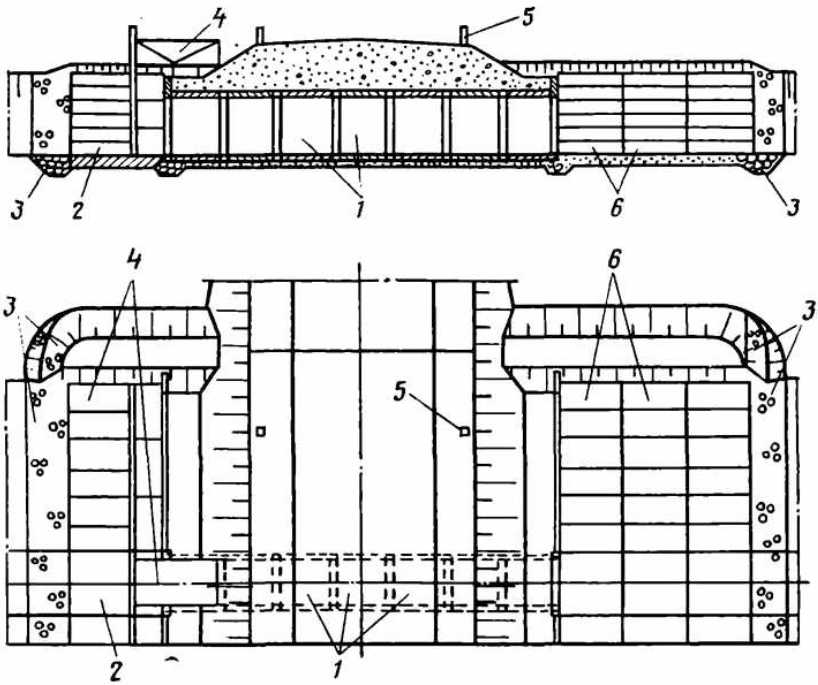


Рис. 20.3. Конструктивная схема трубчатых регуляторов-переездов на расход 7...20 м³/с:

1 — водопроводящая часть из звеньев прямоугольных труб; *2* — понур; *3* — зуб из камня; *4* — оголовок с затвором; *5* — надолба; *6* — рисберма.

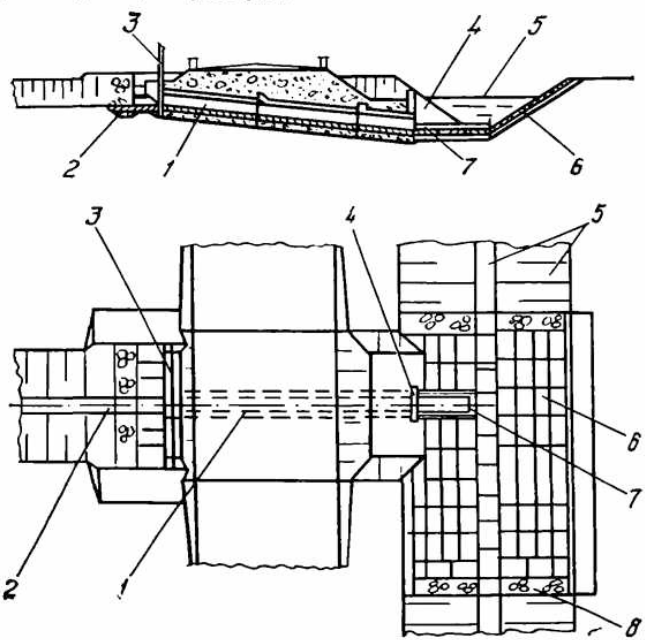


Рис. 20.4. Конструктивная схема устьевых трубчатых регуляторов-переездов на расход до 5 м³/с:

1 — водопроводящая часть из звеньев круглых труб; *2* — понур; *3* — входной оголовок с затвором; *4* — выходной оголовок; *5* — водоприемник; *6* — рисберма; *7* — гасители; *8* — зуб из камня.

20.4. Основные характеристики трубчатых регуляторов-переездов (из прямоугольных труб) **на расход от 7 до 20 м³/с** (по данным типовых проектов)

Размеры сечения трубы, см	Расчетный расход, м³/с	Глубина ВБ при НПУ, м	Число отверстий	Объем выемки из котлована, м³	Объем насыпи и обратной засыпки, м³	Объем сборного железобетона, м³	Объем монолитного железобетона, м³	Масса металлоконструкций, кг
150×200	6,6...8,0	2,0...2,5	1	712...1 084	950...1 208	39,92...52,04	10,82...12,97	1 055...1 203
150×200	12,0...13,6	2,0...2,5	2	811...1 258	980...1 268	57,21...69,97	17,05...20,40	1 818...2 203
200×200	7,4...10,8	2,5...3,0	1	951...1 482	1 173...1 508	51,86...70,33	16,33...19,29	1 391...1 818
200×200	13,9...19,0	2,5...3,0	2	1 168...1 892	1 226...1 818	73,92...93,44	25,91...29,14	2 578...3 275

20.5. Основные характеристики устьевых трубчатых регуляторов-переездов (по данным типовых проектов)

Расчетный расход, м³/с	Напор, м	Максимальная разность отметок бьефов, м	Диаметр трубы, см	Объем сборного железобетона, м³	Объем монолитного железобетона, м³	Масса арматуры, кг
0,40...0,80	1,5	0,3...1,0	60	7,61...9,96	1,59...1,70	230
0,70...1,38	1,5...2,0	0,3...1,0	80	9,97...16,78	2,00...2,45	220...500
1,10...2,10	1,5...2,0	0,3...1,0	100	12,65...20,31	2,24...2,64	400...500
1,70...3,15	2,0	0,3...1,0	120	21,13...27,14	4,40...4,47	600
2,80...4,70	2,5	0,3...1,0	150	27,92...36,28	5,24...5,52	900

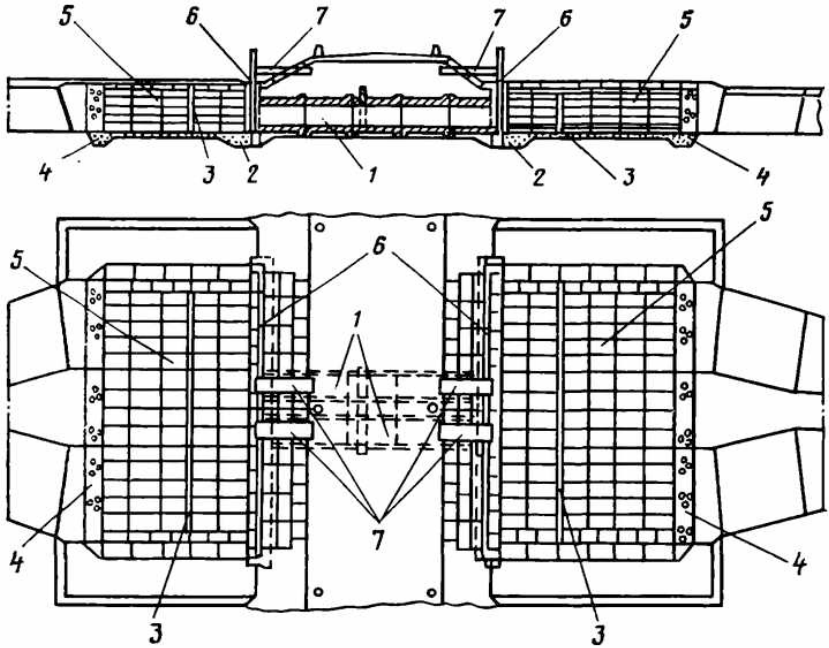


Рис. 20.5. Конструктивная схема трубчатых регуляторов-переездов двухстороннего действия:

1 — водопроводящая часть из круглых или прямоугольных труб; *2* — обратный фильтр; *3* — гаситель; *4* — зуб из камня; *5* — понур-рисберма; *6* — оголовок с затвором; *7* — служебный мостик.

Водопроводящая часть таких трубчатых регуляторов-переездов выполнена из звеньев прямоугольных труб, уложенных в одну или две нитки под насыпью дороги на уровне дна канала, с выходным и входным оголовками портального типа. Входной оголовок имеет плоский сдвоенный затвор с подъемником. Понур и рисберма крепятся железобетонными плитами. В нижнем бьефе предусмотрены гасители. Минимальная высота насыпи над трубой 0,7 м, максимальная — 2,5 м.

20.6. Основные характеристики трубчатых регуляторов-переездов двухстороннего действия (по данным типовых проектов)

Форма поперечного сечения трубы	Диаметр (см) труб или размеры сечения, см	Расход, м³/с	Напор, м	Число отверстий	Максимальная разность отметок бьефов, см	Объем сборного железобетона, м³	Объем монолитного железобетона, м³	Масса арматуры, кг
Круглая	150	4,5	2,50	1	75	49,87	—	4 250
		7,9	2,75	2	75	67,24	1,76	5 760
		13,2	3,00	3	80	86,36	5,52	7 270
Прямоугольная	200×200	22,8	3,00	2	100	89,11	29,89	12 300

20.7. Основные характеристики трубчатых переездов на расход до 10 м³/с (по данным типовых проектов)

Расчетный расход, м³/с	Напор, м	Число отверстий	Диаметр трубы, см	Объем сборного железобетона, м³	Объем монолитного железобетона, м³	Масса арматуры, кг
0,6	1,9	1	60	6,91...8,08	1,28...1,48	560...1 100
1,0	1,9	1	80	7,67...8,08	1,28...1,48	520...1 220
1,7	1,9	1	100	9,78...11,25	1,37...1,57	720...1 310
2,4	2,00	1	120	15,24...16,08	4,10	1 030...1 080
3,7	2,5	1	150	20,98...24,45	4,10...4,60	2 630...2 610
7,4	2,5	2	150	31,65...35,87	6,30...7,00	3 110...3 640

20.8. Основные характеристики трубчатых переездов (из прямоугольных труб) на расход от 7 до 20 м³/с (по данным типовых проектов)

Расчетный расход, м³/с	Размер поперечного сечения отверстий, м	Число отверстий	Объем выемки из котлована, м³	Объем насыпи и обратная засыпка, м³	Объем сборного железобетона, м³	Объем монолитного железобетона, м³	Масса металлоконструкций, кг
6,6	1,5×2,0	1	770	1 142	44,13	8,50	166,4
8,6	2,0×2,0	1	814	1 167	47,28	12,33	166,4
13,2	1,5×2,0	2	973	1 199	59,20	12,38	166,4
15,0	2,0×2,0	2	1 010	1 223	68,37	18,67	166,4

20.9. Основные характеристики мостовых переездов (по данным типовых проектов)

Длина переезда l, м	Число пролетов n	Объем сборного железобетона, м³	Объем монолитного железобетона, м³	Масса металлоконструкций, кг	Площадь асфальтового покрытия, м²
9	1	30,7...42,0	4,7...5,6	390...440	174
12	2	39,2...52,8	6,5...8,6	530...590	192
18	2	53,4...62,9	7,0...8,2	790...890	228
18	3	53,5...69,3	8,8...11,1	790...890	228
21	3	60,1...71,3	9,6...11,0	920...1 030	246
24	4	66,9...73,8	12,1...12,7	1 050...1 100	264
27	3	74,3...88,2	9,3...10,8	1 200...1 300	282
36	4	95,3...112,8	11,6...13,4	1 560...1 770	336

Конструктивная схема устьевых трубчатых регуляторов-переездов на расход до 5 м³/с показана на рисунке 20.4, а их основные характеристики приведены в таблице 20.5.

Водопроводящая часть устьевых трубчатых регуляторов-переездов выполнена из звеньев круглых труб, уложенных под насыпью дороги в одну нитку, с входным оголовком портального типа, выходным — в виде ныряющих стенок. Входной оголовок имеет коробчатый затвор и подъемник.

Конструктивная схема трубчатых регуляторов-переездов двухстороннего действия на расход до 25 м³/с показана на рисунке 20.5, а основные их характеристики приведены в таблице 20.6.

Водопроводящая часть трубчатых регуляторов-переездов двухстороннего действия выполнена в одну, две или три нитки круглых раструбных труб или в две нитки прямоугольных труб, уложенных на уровне дна канала под

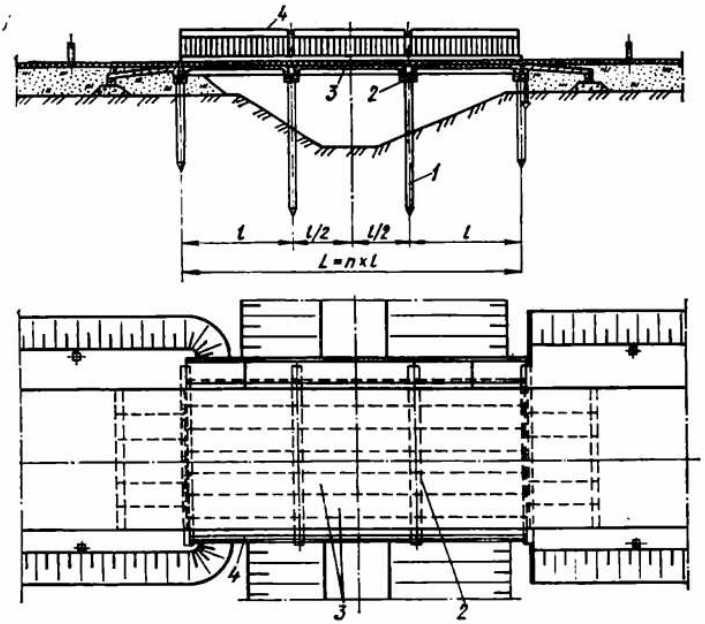


Рис. 20.6. Конструктивная схема мостовых переездов:
1 — свая; *2* — насадок; *3* — ребристая плита; *4* — перила.

насыпью проезжей дамбы обвалования, с оголовками портального типа в обоих бьефах. Оголовки имеют затворы с подъемниками. Рисбермы-понуры закреплены железобетонными плитами. В обоих бьефах предусмотрены гасители в виде разрезных водобойных стенок.

Трубчатые переезды отличаются от соответствующих трубчатых регуляторов-переездов отсутствием затворов.

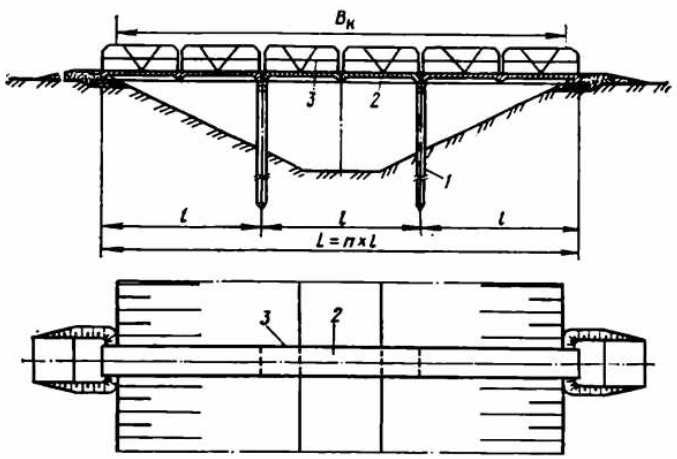


Рис. 20.7. Конструктивная схема пешеходных мостов:
1 — Т-образная свая; *2* — ребристая плита; *3* — перила.

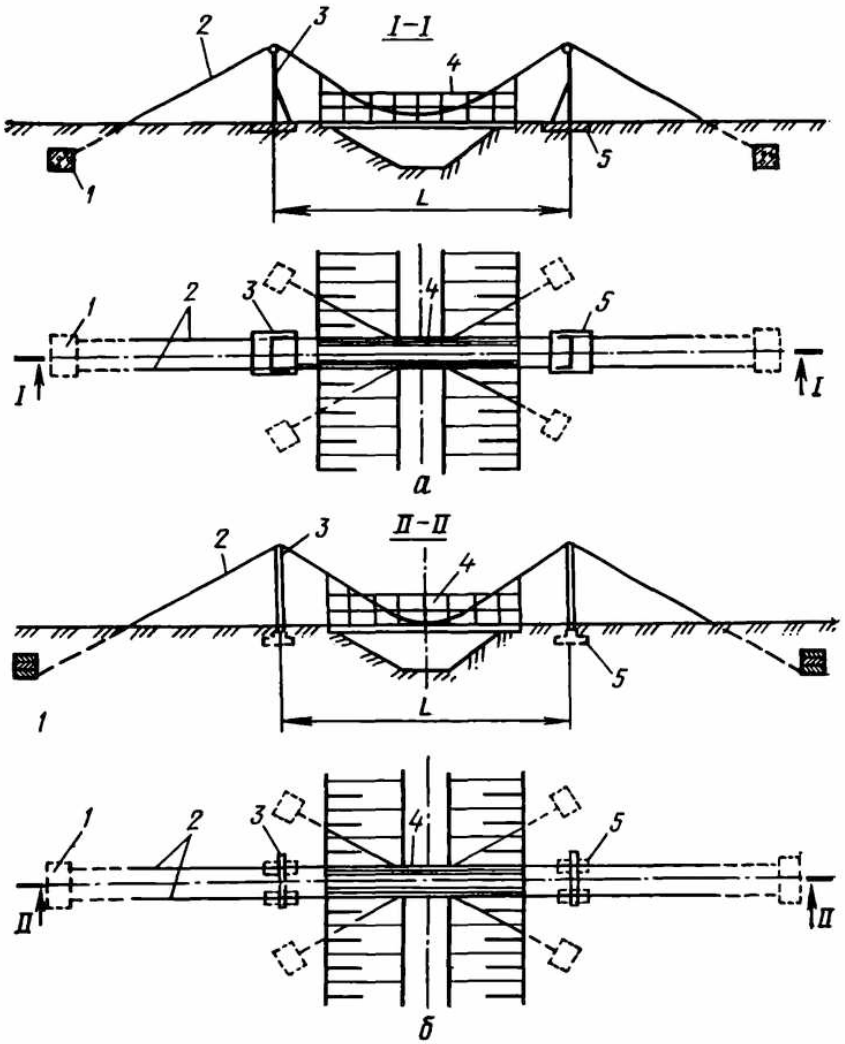


Рис. 20.8. Конструктивная схема висячих пешеходных мостов:

а — со стальными стойками; *б* — с железобетонными стойками; *1* — якорь; *2* — стальной канат; *3* — береговая опора; *4* — пролетное строение; *5* — опорная (фундаментная) плита.

Конструктивная схема трубчатых переездов на расход воды до 10 м³/с аналогична схеме регуляторов-переездов, показанной на рисунке 20.2, а на расход от 7 до 20 м³/с — на рисунке 20.3. Их основные характеристики приведены соответственно в таблицах 20.7 и 20.8.

Конструктивная схема мостовых переездов показана на рисунке 20.6, а их основные характеристики и показатели приведены в таблице 20.9.

Мостовые переезды предназначены для перехода через каналы или другие водотоки без ледохода или с ледоходом при толщине льда менее 15 см и льдинах с максимальным размером менее длины пролета в свету, движущихся со скоростью не более 1,2 м/с.

20.10. Основные характеристики пешеходных мостов (по данным типовых проектов)

Длина перекрываемого пролета $B_к$, м	Длина пешеходного моста, м	Число пролетов n	Объем сборного железобетона, м³	Масса металлоконструкций, кг	Объем песчано-гравийной смеси, м³	Площадь асфальтобетона, м²
5,0	6,0	1	0,88	244	3,7	6,0
8,0	9,0	1	1,06	366	3,7	9,0
11,0	12,0	3	1,48	488	3,7	14,4
14,0	15,0	3	2,36	610	3,7	18,0
17,0	18,0	3	3,60	732	3,7	21,6
20,0	21,0	3	3,12	854	3,7	25,2
23,0	24,0	3	3,50	976	3,7	28,8
26,0	27,0	3	3,88	1 098	3,7	32,4
29,0	30,0	5	3,78	1 220	3,7	36,0

Конструктивные схемы пешеходных мостов, устраиваемых на каналах и водотоках без ледохода, показаны на рисунках 20.7 и 20.8, а их основные характеристики приведены соответственно в таблицах 20.10 и 20.11.

Перепады и быстротоки при их необходимости строят по индивидуальным или повторно применяемым проектам.

На закрытой сети устраивают колодцы различного назначения и устья. Смотровые колодцы предназначены для сопряжения участков закрытых коллекторов, работающих в разных условиях, и наблюдения за их работой; регулирующие — для обеспечения регулирования водно-воздушного режима почвы на части дренажной сети, расположенной выше колодца; поглощающие — для отвода избыточных поверхностных вод из местных понижений, сложенных, как правило, грунтами с малым коэффициентом фильтрации. Устья предназначены для сопряжения закрытых коллекторов или отдельных дрен с открытым каналом. Конструктивная схема колодцев смотровых (КС), смотровых с перепадом (КСП), регулирующих (КР), поглощающих (КПП и КПГ) показана на рисунке 20.9, а их основные характеристики приведены в таблице 20.12.

Над поверхностью земли колодцы возвышаются не менее чем на 20 см.

Конструктивная схема устьев показана на рисунке 20.10, а их основные характеристики приведены в таблице 20.13.

Сооружения осушительных систем на пучинистых грунтах целесообразно устраивать из сборных жестких элементов, конструктивные швы меж-

20.11. Основные характеристики висячих пешеходных мостов (по данным типовых проектов)

Длина пролета, м	Объем железобетонных и бетонных конструкций, м³	Масса металлоконструкций, кг	Площадь деревянных конструкций, м²	Длина пролета, м	Объем железобетонных и бетонных конструкций, м³	Масса металлоконструкций, кг	Площадь деревянных конструкций, м²
15	6,5 / 3,5	677 / 648	1,9	30	12,1 / 7,5	1 792 / 1 691	4,6
20	8,3 / 3,9	786 / 723	2,8	35	13,9 / 7,5	2 083 / 1 817	5,4
25	10,5 / 5,4	1 077 / 865	3,6	40	14,7 / 8,7	2 344 / 2 060	6,2

Примечание. В числителе — данные для мостов со стальными стойками, в знаменателе — с железобетонными стойками.

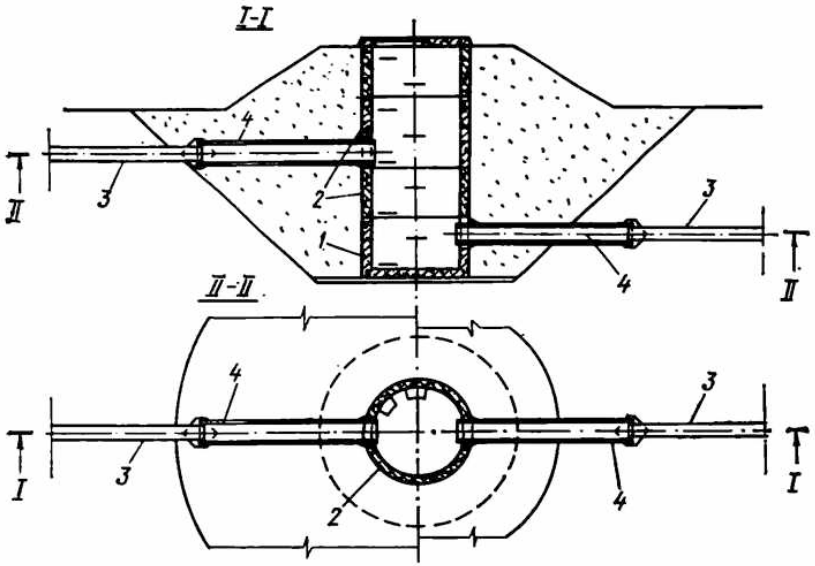


Рис. 20.9. Конструктивная схема колодцев:
1 — кольцо с днищем; *2* — кольцо; *3* — коллектор; *4* — сопрягающая труба.

ду которыми, сохраняя свою герметичность, должны обеспечивать независимость перемещений элементов относительно друг друга. При этом сооружения в целом или их отдельные элементы не должны накапливать остаточных перемещений, вызываемых силами морозного пучения.

Для устройства сооружений в торфяных грунтах применяется ряд типовых решений.

Сооружения любых назначений и конструкций получаются устойчивыми и дают малую осадку при устройстве их на грунтовых подушках трапецеидального сечения. При этом подушка должна опираться на грунт мине-

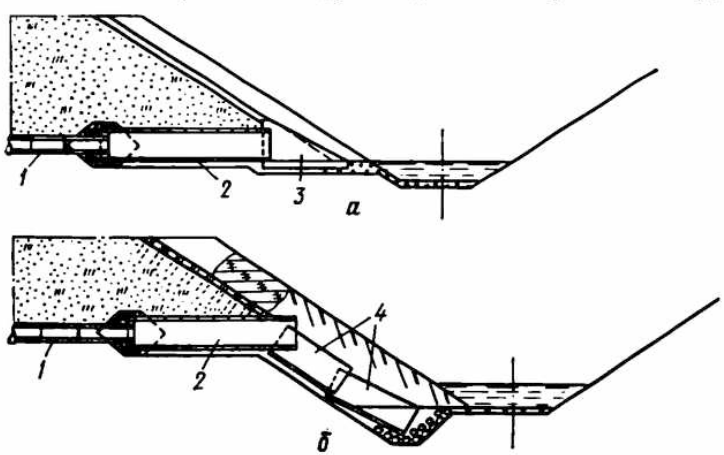


Рис. 20.10. Конструктивная схема устьев:
а — с объемным блоком; *б* — из лотков; *1* — коллектор; *2* — устьевая труба; *3* — объемный оголовок; *4* — лотки.

20.12. Основные характеристики колодцев (по данным типовых проектов)

Шифр сооружения	Диаметр колодца, см	Высота колодца, см	Объем сборного железобетона, м³	Масса металлоконструкций и чугунного литья, кг	Объем щебня, гравия, м³
КС	100	180...360	0,66...1,14	74...80	0,2
	150	180...360	1,24...2,04	74...90	0,3
	200	240...360	2.15...2,94	76...80	0,4
КСП	100	210...360	0,72...1,12	75...80	0,2
	150	240...360	1,46...1,99	76...80	0,3
	200	240...360	2,15...2,94	76...80	0,4
КР	100	180...270	0,66...0,90	89...96	0,2
	150	180...270	1,24...1,65	89...96	0,3
КПП	100	130...160	0,50...0,56	52...80	7,2...10,2
	150	190	1,19...1,24	54...89	7,3...11,2
КПГ	100	180...210	0,54...0,62	74...75	14

20.13. Основные характеристики устьев (по данным типовых проектов)

Диаметр устьевой трубы, мм	Длина устьевой трубы, мм	Глубина канала, см	Коэффициент заложения откосов каналов	Объем сборного железобетона, м³	Объем втрамбованного щебня, м³
200	2 000	150...250	1,5...2,5	0,029...0,087	0,33...1,00
300	2 000	150...250	1,5...2,5	0,120	0,70
200*	2 000	150...250	1,5...2,5	0,029	0,20

* При выходе коллектора в торец канала.

рального дна болота, а наклон ее боковых граней (рис. 20.11, *а*) к вертикали должен составлять не менее 40...45°.

Сетевые сооружения осушительных систем, передающие на основание давление не более 0,05...0,06 МПа, экономичнее устраивать на грунтовых подушках сжатого (рационального) сечения прямоугольной формы с вертикальными боковыми гранями и шириной, равной ширине подошвы сооружения (рис. 20.11, *б*).

Торфы неосушаемых болот при степени разложения до 45%, а осушаемых — до 75% способны достаточно длительное время держать вертикальные откосы и тем самым обеспечивать технологическую возможность устройства подушки прямоугольного сечения.

Торф из котлована под подушку удаляют экскаватором с рабочим оборудованием драглайн или обратная лопата, применяя продольную (торцевую) разработку. При строительстве сооружения на ранее прорытом канале экскаватор ставят на перемычки, ограждающие котлован. Грунт подушки в зависимости от применяемых машин и механизмов, а также от ее высоты можно отсыпать с послойным уплотнением или же с уплотнением сразу на всю ее высоту (толщину). Плотность скелета грунта подушки при его уплотнении должна быть доведена как минимум до 1,6...1,7 т/м³. При этом подушка приобретает некоторую бочкообразность. Поэтому объем грунта в теле подушки следует определять по формуле

$$V_{\text{п}} = (b_{\text{п}} + 1{,}4b_{\text{у}})\, h_{\text{п}} L, \qquad (20.1)$$

где $b_{\text{п}}$ — ширина подушки, равная ширине подошвы фундамента сооружения, м; $b_{\text{у}}$ — уширение подушки в ее середине, $b_{\text{у}} = 0{,}5\, b_{\text{п}} b_{\text{б}}$, м; $h_{\text{п}}$ и L — высота и длина подушки, м; $b_{\text{б}}$ — безразмерное уширение подушки, определяемое по графикам, показанным на рисунке 20.12.

Сооружения любых назначений и конструкций обладают устойчивостью и дают малую осадку при устройстве их на предварительно уплотненном

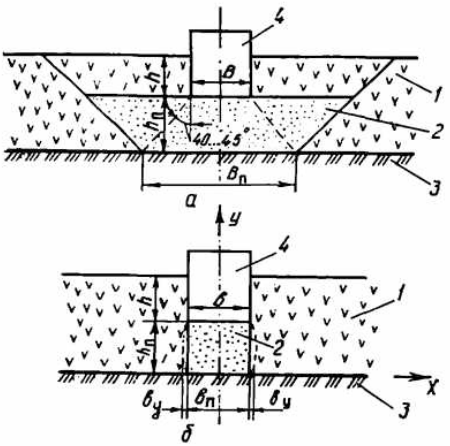


Рис. 20.11. Поперечные сечения грунтовых подушек:

а — трапецеидальных; *б* — рационального сечения; *1* — торф; *2* — подушка; *3* — грунт минерального дна болота; *4* — фундамент (сооружение).

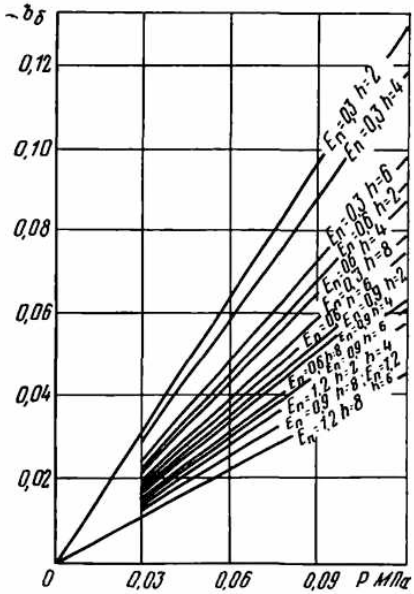


Рис. 20.12. Зависимость безразмерного уширения подушки $b_б$ от передаваемой на нее нагрузки P:

$E_п$ — модуль общей деформации грунта подушки, МПа; h — безразмерная высота подушки; $h=2h_п/b_п$; $h_п$ — фактическая высота подушки, см; $b_п$ — ширина подушки, см.

торфяном основании. Торфяное основание уплотняют пригрузочными, как правило, песчаными насыпями. При этом контуры насыпи, ее высота и другие размеры (рис. 20.13) должны быть такими, чтобы нагрузка, передаваемая насыпью на торфяное основание, была несколько больше или равна нагрузке, передаваемой различными частями сооружения. Время предварительного уплотнения торфяного основания пригрузочной насыпью расчитывают для 80...90%-ной степени консолидации. В случае необходимости сокращения времени уплотнения (торфов со степенью разложения более 45%) следует применить вертикальные песчаные дрены (рис. 20.13), для устройства которых используют крупнозернистый песок.

Трубчатые сооружения (регуляторы с переездом, переезды) можно строить на естественном торфяном основании. Один из вариантов — укладка звеньев водопроводящих труб на разгрузочные плиты (рис. 20.14), которые, в свою очередь, уложены на песчаную подушку толщиной 0,5 м. При осуществлении этого варианта можно применять любую конструкцию трубчатого сооружения, дополнив ее разгрузочными плитами. Разгрузочные плиты должны быть уложены так, чтобы под каждым стыком звеньев водопроводящих труб находился центр разгрузочной плиты. Такое размещение разгрузочных плит повышает жесткость водопроводящей части, а следовательно, и устойчивость сооружения. Размеры разгрузочных плит принимают в зависимости от диаметра водопроводящей трубы:

Диаметр трубы, м	Размеры разгрузочных плит, м
0,5	1,5×1,0×0,10
0,75	2,0×1,0×0,12
1,00	2,5×1,0×0,14
1,25	2,75×1,0×0,15
1,50	3,0×1,0×0,16

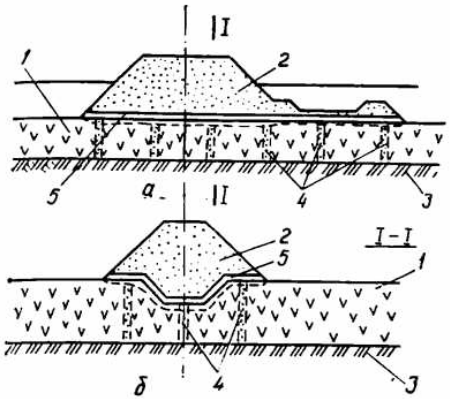


Рис. 20.13. Продольное (*а*) и поперечное (*б*) сечение типичной пригрузочной насыпи:

1 — торф; *2* — тело насыпи; *3* — грунт минерального дна болота; *4* — песчаные дрены; *5* — горизонтальный дренирующий слой.

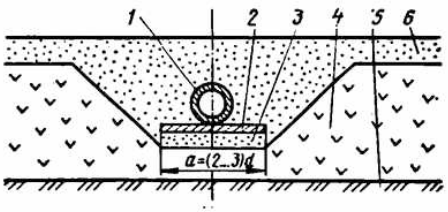


Рис. 20.14. Поперечное сечение водопроводящих труб трубчатого шлюза-регулятора на разгрузочных плитах:

1 — труба; *2* — разгрузочная плита; *3* — песчаная подушка; *4* — торф; *6* — дорожная насыпь; *5* — грунт минерального дна болота.

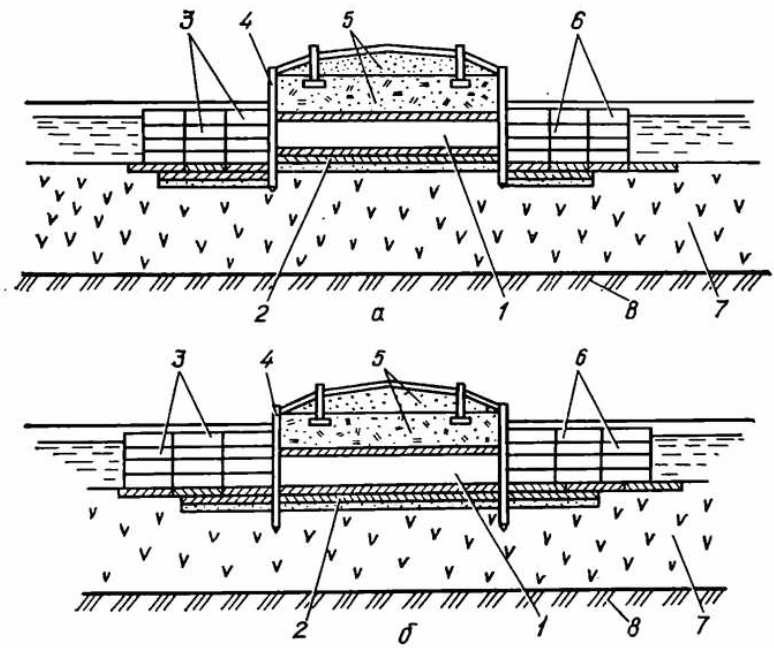


Рис. 20.15. Конструктивная схема трубчатых регуляторов-переездов с жесткой неразрезной водопроводящей частью:

а — продольный разрез в начальной стадии строительства; *б* — продольный разрез в эксплуатационный период; *1* — водопроводящая труба; *2* — неразрезная железобетонная плита, жестко соединенная с водоподпорной стенкой; *3* — понур; *4* — подпорная стенка (оголовок); *5* — дорожная насыпь; *6* — рисберма; *7* — торф; *8* — грунт минерального дна болота.

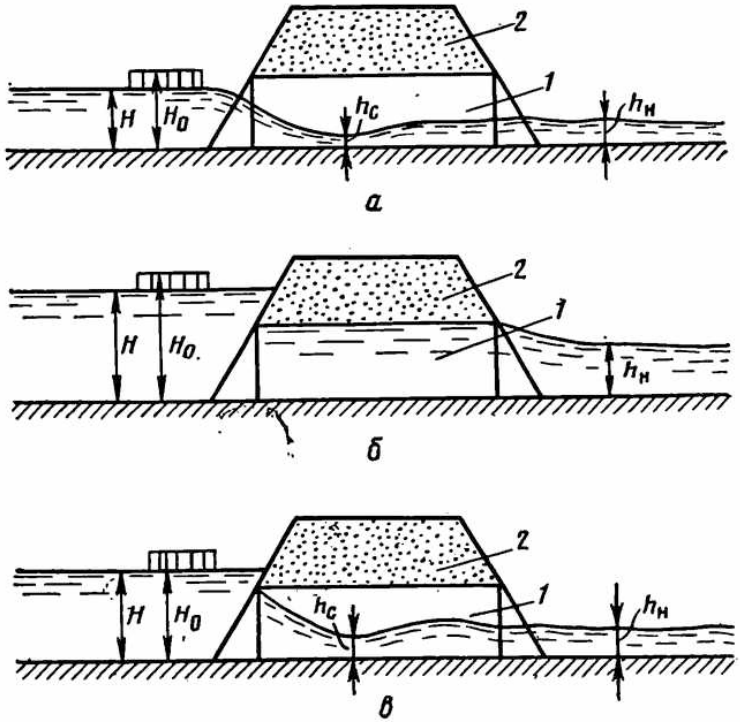


Рис. 20.16. Расчетные схемы режимов протекания воды в трубах переездов: *а* — безнапорный; *б* — напорный; *в* — полунапорный; *1* — водопроводящая труба; *2* — насыпь; H — напор, или глубина воды, в верхнем бьефе; H_0 — полный напор с учетом скорости подхода; h_c — глубина потока в сжатом сечении; $h_н$ — глубина потока в нижнем бьефе, ниже выходного сечения.

Максимальная толщина засыпки, при которой разгрузочные плиты эффективно разгружают торфяное основание от временных нагрузок, передаваемых нагруженным автомобилем грузоподъемностью 5 т, зависит от диаметра водопроводящей трубы:

Диаметр водопроводящей трубы, м	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
Максимальная толщина засыпки, м	0,34	0,46	0,60	0,54	0,59

При строительстве новой осушительной сети на болотах со степенью разложения торфа менее 45% и реконструкции осушительной сети на торфах со степенью разложения до 75% трубчатые регуляторы и трубы-переезды рекомендуется делать на естественном торфяном основании по индивидуальному проекту. При этом водопроводящая часть выполняется жесткой, неразрезной. Принципиальная схема сооружения для этого варианта показана на рисунке 20.15.

Устойчивость такого сооружения обеспечена равномерностью осадок как водопроводящей (трубчатой), так и подводящей и отводящей частей. Для обеспечения равномерности осадок водопроводящей части дорожная насыпь заключена в подпорные стенки, выполняющие роль оголовка.

В зависимости от высоты дорожной насыпи и мощности торфов осадка водопроводящей части может достигать более 0,5 м. Поэтому котлован должен иметь строительный подъем, равный ожидаемой осадке.

20.2. РАСЧЕТЫ СООРУЖЕНИЙ

При проектировании гидротехнических сооружений выполняют три вида расчетов: гидравлические, фильтрационные и статические.

Гидравлические расчеты. Цель гидравлических расчетов — определение размеров и числа водопроводящих отверстий, а также обеспечение заданной надежности гидротехнических сооружений.

Гидравлические расчеты регуляторов, трубчатых переездов и мостов проводят по формулам, разработанным для расчетов водосливов с широким порогом с учетом особенностей этих сооружений.

В зависимости от влияния нижнего бьефа на истечение водосливы подразделяются на неподтопленные и подтопленные.

Необходимое условие для выбора расчетной формулы — определение критерия подтопления водослива.

При гидравлическом расчете трубчатых переездов рассчитывают входной и выходной участки трубы. Задача расчета входного участка заключается в определении диаметра трубы (или сечения для прямоугольных труб), напора и числа отверстий. Задача расчета выходного участка — обеспечение устойчивости трубчатого переезда со стороны нижнего бьефа.

Различают следующие режимы работы труб (рис. 20.16): безнапорный, когда вход в трубу не затоплен и на всем протяжении трубы водный поток ниже верха внутренней поверхности трубы; напорный, когда вход в трубу затоплен и на большей части труба работает полным сечением; полунапорный, когда входное сечение полностью затоплено, но по всей длине трубы поток имеет свободную поверхность.

Критерий затопления входного сечения — величина параметра расхода Π_Q, определяемая по формулам, приведенным в таблице 20.14 в зависимости от типа поперечного сечения трубы и оголовка.

Входное сечение считается затопленным при условии, если $\Pi_Q \geqslant \Pi_Q^{н}$, где $\Pi_Q^{н}$ — нормативное значение параметра расхода, при котором входное сечение является затопленным.

Безразмерный параметр расхода с достаточной для практических расчетов точностью можно определить по номограмме (рис. 20.17).

Ориентировочно можно считать, что затопление входного сечения для необтекаемых оголовков (портальных, раструбных) происходит при напоре $H \geqslant 1{,}2\, h_т$.

Как и водосливы с широким порогом, трубчатые переезды по влиянию глубины нижнего бьефа на уровень перед сооружением, а значит, и на пропускную способность делятся на незатопленные (или свободные) и затопленные (или подтопленные).

В затопленных трубах вследствие затопления сжатого сечения на всех участках устанавливается спокойный режим. Критерий затопления в этом случае — такой уровень воды в нижнем бьефе, при котором происходит смена бурного режима на спокойный.

Для практических расчетов пропускной способности при напорном (рис. 20.18, *а*), а также безнапорном и полунапорном (рис. 20.18, *б*) режимах составлены графики.

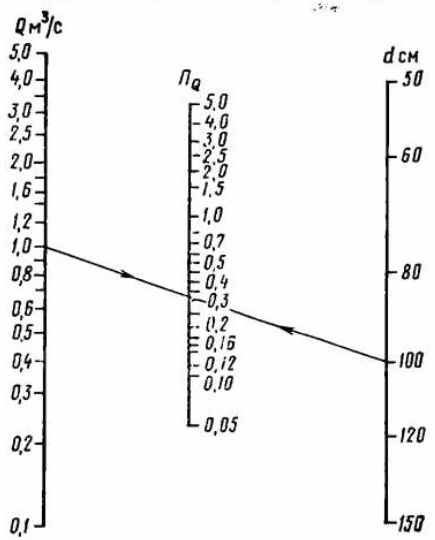


Рис. 20.17. Номограмма для определения безразмерного параметра расхода воды Π_Q в круглых трубах:
Q — расход воды, м³/с; d — диаметр трубы, см.

20.14. Формулы для определения параметра расхода

Форма поперечного сечения трубы	Формула для параметра расхода	Предельное значение параметра расхода $П_Q^п$	
		без оголовка	с портальным оголовком
Круглая	$П_Q = \frac{Q}{d^2\sqrt{gd}}$	0,415	0,44
Прямоугольная	$П_Q = \frac{Q}{h_т b \sqrt[6]{g^3 h_т^2 b}}$	—	0,56

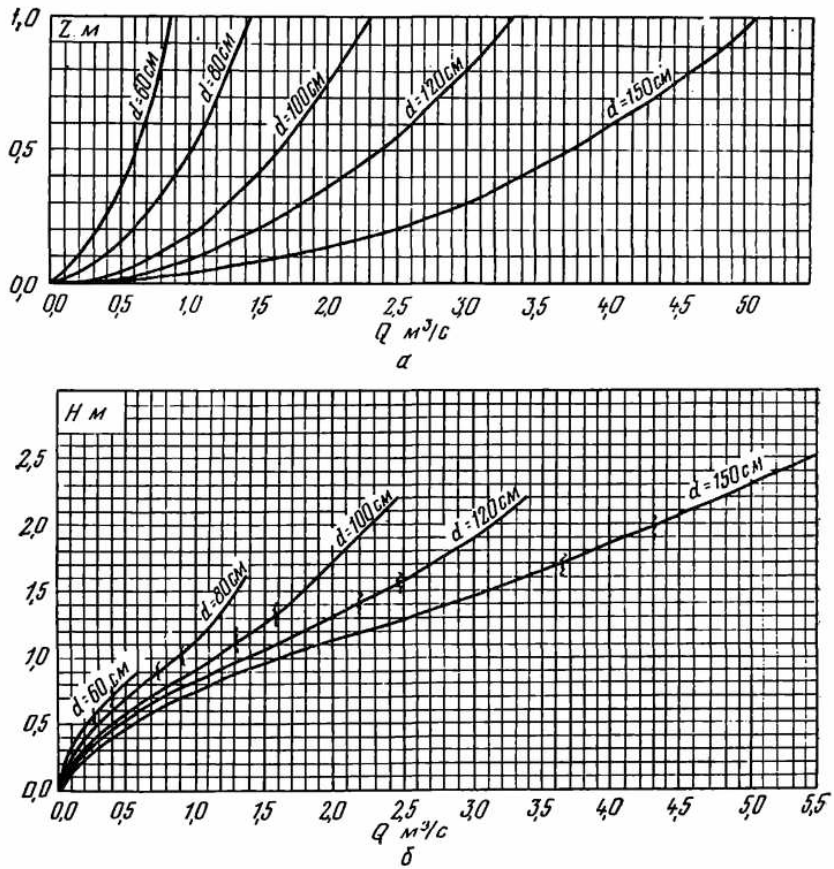


Рис. 20.18. График для определения пропускной способности труб:
а — напорный режим; *б* — безнапорный и полунапорный режим; z — гидравлический перепад, м; $z = H - h_н$; H и $h_н$ — глубина воды соответственно в верхнем и нижнем бьефе, м; Q — расчетный расход, м³/с. Волнистыми вертикальными линиями показаны зоны неустойчивого режима.

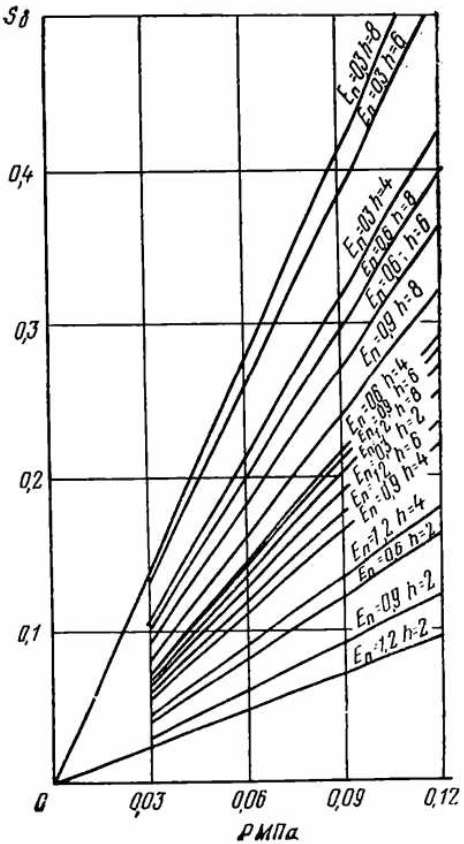


Рис. 20.19. Зависимость безразмерной осадки подушки $S_б$ от передаваемой нагрузки P:

$E_п$ — модуль общей деформации грунта подушки МПа; h — безразмерная высота подушки, $h=2h_п/b_п$; $h_п$ — фактическая высота подушки; $b_п$ — ширина подушки, см.

Гидравлические расчеты малых мостов (длиной менее 25 м) выполняют по аналогии с трубами, работающими в безнапорном режиме. В зависимости от влияния уровня нижнего бьефа мосты рассчитывают как с незатопленным подмостовым руслом или как с затопленным.

Фильтрационные и статические расчеты. Цель фильтрационных и статических расчетов — обеспечение прочности и устойчивости гидротехнических сооружений.

При проектировании на осушительной сети гидротехнических сооружений, относящихся к IV классу и имеющих небольшой гидравлический напор, фильтрационные расчеты, как правило, не проводят.

Статические расчеты отдельных конструктивных элементов сооружений, расчет устойчивости, вертикальных смещений (осадок) и горизонтальных смещений гидротехнических сооружений проводят по общепринятой методике расчета инженерных конструкций с учетом соответствующих СНиП. Ожидаемую осадку сооружений на грунтовых подушках трапецеидального сечения рассчитывают так же, как осадку сооружений на естественном основании в соответствии с требованиями СНиП. Ожидаемую осадку сооружения на грунтовой подушке сжатого (рационального) сечения определяют по формуле

$$S = S_1 + S_2, \tag{20.2}$$

где S_1 — осадка (см) сооружения в результате деформируемости подушки вследствие деформируемости окружающего ее торфа; $S_1=0{,}5\,b_п S_б$; S_2 — осадка сооружения в результате вдавливания подушки в грунт минерального дна болота, см; $b_п$ — то же, что в формуле (20.1), см; $S_б$ — безразмерная осадка, определяемая по графикам (рис. 20.19).

Осадку сооружения S_2 в результате вдавливания подушки в грунт минерального дна болота можно определить как осадку гибкого фундамента на естественном основании, например методом эквивалентного слоя, по формуле

$$S_2 = h_э a_0 P, \tag{20.3}$$

где $h_э$ — толщина эквивалентного слоя, см; a_0 — коэффициент относительной сжимаемости грунта минерального дна болота, 1/МПа; P — среднее контактное напряжение по подошве сооружения, МПа.

Толщину эквивалентного слоя определяют по формуле

$$h_э = (A\omega)\, b, \tag{20.4}$$

где $(A\omega)$ — коэффициент эквивалентного слоя, принимаемый в зависимости от коэффициента Пуассона μ (табл. 20.15).

20.15. Значения коэффициента эквивалентного слоя ($A\omega$)

Отношение длины подушки к ее ширине $Z/b_п$	Грунт минерального дна болота					
	гравий и галька	пески		суглинки пластичные		глины и суглинки мягкопластичные
	глины и суглинки твердые и полутвердые		супеси твердые и пластичные		глины пластичные	
	μ=0,10	μ=0,20	μ=0,25	μ=0,30	μ=0,35	μ=0,40
1	0,96	1,01	1,07	1,17	1,34	1,71
2	1,31	1,39	1,47	1,60	1,83	2,34
4	1,72	1,81	1,92	2,09	2,39	3,06
6	1,98	2,09	2,21	2,41	2,76	3,53
8	2,14	2,26	2,40	2,61	2,98	3,82
10 и более	2,27	2,40	2,54	2,77	3,17	4,05

Ожидаемую осадку сооружения с жесткой неразрезной водопроводящей частью на естественном торфяном основании определяют методом послойного суммирования. При этом сжимаемой толщью грунтов основания считают только мощность торфяных грунтов. Сжимаемостью минерального подстилающего грунта пренебрегают.

Сжатие каждого элементарного слоя S_i вычисляют по формуле

$$S_i = [(e_{1i} - e_{2i})/(1 + e_{1i})]\, h_i, \qquad (20.5)$$

где e_{1i} — коэффициент пористости торфа i-го элементарного слоя при природном в его середине нормальном вертикальном напряжении; e_{2i} — коэффициент пористости этого же слоя при суммарном в его середине после строительства сооружения вертикальном нормальном напряжении; h_i — толщина i-го элементарного слоя, равная $0{,}4\,b$ (b — ширина подошвы фундамента сооружения), но не более толщины соответствующего геологического слоя торфа.

Коэффициенты пористости e_{1i} и e_{2i} принимают по компрессионным кривым торфов соответствующего геологического слоя торфа. Если компрессионные испытания торфов не проведены, то коэффициенты пористости e_{1i} и e_{2i} можно определить по формуле П. А. Дрозда и В. Н. Зайца:

$$e = e_0 - 0{,}36\,(e_0 - 0{,}36)^{1{,}1} \lg(3{,}12\sigma\sqrt{e_0}), \qquad (20.6)$$

где e_0 — начальный (при σ=0) коэффициент пористости торфа того или иного геологического слоя; σ — природное или суммарное вертикальное напряжение в середине соответствующего i-го элементарного слоя, МПа.

При природных напряжениях значение логарифма в формуле (20.6) может быть отрицательным, тогда следует принять $e_1 = e_0$.

Природные и сжимающие напряжения в середине каждого i-го элементарного слоя находят по общепринятой методике согласно СНиП.

Для определения ожидаемой осадки сооружения в какой-то момент времени после его строительства сжимающее напряжение σ_t можно вычислять по формуле

$$\sigma_t = 1{,}07 P e^{-M}(1 - e^{-Nt}), \qquad (20.7)$$

где P — среднее контактное напряжение по подошве сооружения, МПа; M — фактор глубины расположения рассматриваемой точки, M=0,1 $(z^{-0{,}26} - 0{,}74)^2$; z — глубина расположения рассматриваемой точки, расстояние по вертикали от подошвы сооружения до середины i-го элементарного слоя, см; N — фактор времени ($ч^{-1}$) действия нагрузки, $N = (0{,}0034 + 0{,}56\, t^{-0{,}75})$; t — время действия нагрузки, ч; e — основание натуральных логарифмов, e=2,72.

Глава 21. ДОРОЖНАЯ СЕТЬ

21.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ДОРОГ

На осушаемых землях строят внешнехозяйственные и внутрихозяйственные дороги. По принадлежности они могут быть дорогами общего пользования, если их передают на баланс органов дорожного хозяйства союзных республик, или ведомственными, если их передают на баланс колхозов и совхозов, расположенных на мелиорируемых землях.

К внешнехозяйственным дорогам относят дороги и подъездные пути, необходимые для связи мелиоративной системы с сетью автомобильных дорог общего пользования, с железнодорожными и водными путями, которые располагаются вне территории данного хозяйства.

Дороги общего пользования проектируют в соответствии с требованиями СНиП II-Д. 5—72.

Внутрихозяйственные дороги в зависимости от их назначения и расчетного объема грузовых перевозок в соответствии с СНиП 2.05.11—83 подразделяются на категории, указанные в таблице 21.1.

Если в связи с предполагаемым транзитным движением, массовыми перевозками легковесных грузов средней плотностью менее 0,8 т/м^3, а также движением автобусов, легковых автомобилей и сельскохозяйственных машин общая расчетная интенсивность движения в обоих направлениях на дорогах, относящихся по расчетному объему грузовых перевозок к дорогам II-с категории, превышает 150 физических транспортных единиц в среднемесячные сутки наиболее напряженного в году месяца (месяца пик), то указанные в таблице 21.1 дороги проектируют по нормам, установленным для дорог I-с категории.

Расчетную интенсивность движения (транспортных единиц в сутки) по грузовым перевозкам в пиковом месяце определяют по формуле

$$И = Г/(TPK_{п}K_{г}), \qquad (21.1)$$

где $Г$ — грузовая напряженность участка дороги — количество грузов в тоннах (нетто), перевозимых по дороге в обоих направлениях, определяют с помощью схем грузопотоков к главным грузоприемным пунктам — складам, элеваторам, пристаням и др.; T — расчетное число суток перевозок, определяется заданием или продолжительностью уборки сельскохозяйственных культур с территории, обслуживаемой данным участком дороги (примерно 10 сут для полевых и 30 сут для кормовых севооборотов); P — средневзвешенная грузоподъемность расчетного транспортного средства: $P=P_1\alpha_1+P_2\alpha_2+\ldots+P_i\alpha_i$ обычно $P=4$ т; P и α — соответственно грузоподъемность и доля участия автомобилей данной марки в грузовых перевозках; $K_{п}$ — коэффициент использования пробега автомобиля — отношение пробега автомобиля с грузом к общему пробегу; $K_{п}=0{,}5$ (из условия, что встречное движение без грузов); $K_{г}$ — коэффициент использования грузоподъемности автомобиля; $K_{г}=1{,}0$ (из условия 100% использования грузоподъемности автомобиля).

Дороги проектируют с учетом перспективы развития сельскохозяйственных предприятий на мелиорируемых землях, как правило, не менее чем на 15-летний период и возможности передачи их эксплуатационной службе министерства автомобильных дорог республики.

21.1. Классификация внутрихозяйственных дорог (по данным СНиП 2.05.11—83)

Назначение внутрихозяйственных дорог	Расчетный объем грузовых перевозок в месяц пик, тыс. т (нетто)	Категория дороги
Дороги, соединяющие центральные усадьбы колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий и организаций с их бригадами, отделениями, животноводческими комплексами, фермами, полевыми станами, пунктами заготовки, хранения и первичной переработки продукции и другими сельскохозяйственными объектами, а также дороги, соединяющие бригады, отделения и фермы колхозов и совхозов и другие сельскохозяйственные объекты с дорогами общего пользования и между собой, за исключением полевых и внутриплощадочных дорог	Свыше 10 До 10	I-с II-с
Полевые дороги, предназначенные для транспортного обслуживания отдельных сельскохозяйственных угодий или их частей	—	III-с

Основные технические решения при проектировании новых или реконструкции существующих дорог (элементы плана, продольного и поперечного профилей, типы пересечений и примыканий дорог, конструкцию земляного полотна и дорожных одежд) принимают на основе результатов сравнения технико-экономических показателей, учитывающих категорию дороги и ее назначение, состав и нормативную нагрузку на ось транспортных средств,

21.2. Основные нормативные параметры для проектирования внутрихозяйственных дорог (по данным СНиП 2.05.11—83)

Параметры	Категория дороги		
	I-с	II-с	III-с
Расчетный объем грузовых перевозок в месяц пик, тыс. т	Более 10	До 10	—
Расчетная скорость, км/ч	70(60,40)	60(40,30)	40(30,20)
Число полос движения	2	1	1
Ширина полосы движения, м	3	—	—
Ширина проезжей части, м	6	4,5	3,5
Ширина обочины, м	2	1,75	1,5
Ширина земляного полотна, м	10	8	6,5
Наибольшие продольные уклоны, ‰	60(70,80)	70(80,90)	80(90,90)
Наименьшая расчетная видимость, м:			
в плане	100(75,50)	75(50,40)	50(40,25)
встречного автомобиля	200(150,100)	150(100,80)	100(80,50)
Наименьшие радиусы кривых, м:			
в плане	200(150,80)	150(80,80)	80(80,80)
в продольном профиле, тыс. м:			
выпуклых	4,0(2,5; 1,0)	2,5(1,0; 0,6)	1,0(0,6; 0,4)
вогнутых	2,5(2,0; 1,0)	2,0(1,0; 0,6)	1,0(0,6; 0,4)
вогнутых в трудных условиях	0,8(0,6; 0,3)	0,6(0,3; 0,2)	0,3(0,2; 0,1)

Примечания. 1. В скобках указаны параметры для трудных и особо трудных участков. 2. Ширину земляного полотна, возводимого на ценных сельскохозяйственных угодьях (мелиорируемые земли, многолетние плодовые насаждения, участки с высоким плодородием почв), допускается уменьшить до 8,0 м для I-с; до 6,0 м для II-с и 5,5 м для III-с категорий.

21.3. Уширение (м) проезжей части (по данным СНиП 2.05.11—83)

Радиус кривой в плане, м	При движении		
	одиночных транспортных средств $l<8$ м	автопоездов	
		с полуприцепом; с одним или двумя прицепами $8\text{ м}<l<13$ м	с полуприцепом и одним прицепом, с тремя прицепами $13\text{ м}<l<23$ м
1 000	—	—	0,4
800	—	0,4	0,5
600	0,4	0,4	0,6
500	0,4	0,5	0,7
400	0,5	0,6	0,9
300	0,6	0,7	1,3(0,4)
200	0,8	0,8	1,7(0,7)
150	0,9	1,0	2,5(1,5)
100	1,1	1,3(0,4)	3,0(2,0)
80	1,2(0,4)	1,5(0,5)	3,5(2,5)

Примечания. 1. Величина l — расстояние от переднего бампера до задней оси автомобиля, полуприцепа или прицепа. 2. В скобках — уширение для дорог II-с категории с проезжей частью шириной 4,5 м.

намечаемые способы производства и сроки строительства, наличие местных дорожно-строительных материалов, ценность занимаемых дорогой сельскохозяйственных угодий, а также местные природные условия района строительства.

Параметры плана и продольного профиля внутрихозяйственных дорог I-с и II-с категорий по возможности рекомендуется принимать: продольные уклоны до 40%; расстояния видимости поверхности дороги не менее 175 м и встречного автомобиля не менее 350 м; радиусы кривых в плане 1 500 м и более, в продольном профиле: выпуклых не менее 5 000 м, вогнутых не менее 2 500 м.

В случае, когда экономически нецелесообразно применять указанные параметры, используют нормы, приведенные в таблице 21.2.

Наибольшие продольные уклоны в местах с длительными периодами гололеда уменьшают по сравнению с теми, которые указаны в таблице 21.3, на 20%, а на пересеченной местности, наоборот, увеличивают на 20%, в особо трудных условиях — на 30%. Радиусы кривых в плане при движении одиночных транспортных средств разрешается уменьшать до 15 м, автопоездов с одним прицепом — до 30 м, с двумя или с тремя — до 50 м.

Если в составе предполагаемого движения транспорта насчитается более 25% автопоездов, то наибольшие продольные уклоны дороги не должны превышать 70%.

На дорогах I-с и II-с категорий при радиусе в плане менее 1 000 м предусматривают уширение проезжей части с внутренней стороны кривой за счет обочины (табл. 21.3). При этом ширина оставшейся обочины должна быть не менее 1 м. При соответствующем обосновании земляное полотно уширяют.

Целесообразность применения кривых малых радиусов с уширением проезжей части обосновывают сопоставлением с вариантами увеличения радиуса кривых в плане с меньшим уширением.

21.2. РАЗМЕЩЕНИЕ ДОРОГ В ПЛАНЕ

В плане дороги располагают в увязке с организацией территории хозяйств, расположенных на осушаемых землях, в соответствии с проектами внутрихозяйственного землеустройства. При этом максимально используют материалы проектов и схем районной планировки, строительства и реконст-

рукции дорог общего пользования, мелиорации, другие проектные и изыскательские материалы.

В первую очередь в соответствии с основными направлениями использования земельного фонда и развития производства размещают внутрихозяйственные дороги I-с и II-с категорий. Затем размещают основные полевые дороги, связывающие грузообразующие (грузопоглощающие) территории, поля севооборотов, сенокосов и пастбищные участки, осушаемые и орошаемые площади с соответствующими пунктами.

При этом необходимо, как правило, соблюдать следующие требования: предусматривать в первую очередь дороги, обеспечивающие перевозку основных видов сельскохозяйственной продукции в период ее уборки и заготовки; по возможности сохранять существующие дороги; увязывать проектируемые дороги с дорогами общего пользования, направлением телеграфных линий и линий электропередачи, элементами проекта внутрихозяйственного землеустройства; обеспечивать минимум единовременных капитальных и ежегодных дорожно-транспортных расходов; предусматривать меры защиты почв от водной и ветровой эрозии, переувлажнения прилегающих к дороге земель.

Дороги размещают по возможности вдоль границ хозяйств, полей севооборотов, рек-водоприемников, у истоков открытой регулирующей сети по местам с минимальной залежью торфа, вдоль осушительных каналов всех порядков, кроме каналов с двухсторонним впадением дрен. Число пересечений с водотоками и каналами должно быть минимальным. Дороги разного назначения необходимо совмещать; не следует занимать под дороги ценные угодья.

На землях с закрытой осушительной сетью дороги проектируют вдоль истоков дрен. В конце тупиковых дорог предусматривают площадки для разворота транспорта. Ширину полос отвода земель для размещения всех элементов дорог обосновывают расчетом.

Дороги вдоль проводящих каналов при высоте насыпи более 1,5 м проектируют с бермами шириной на торфах 3...6 м, на минеральных землях 2...4 м. Если по берме предусматривается проезд машин для очистки канала, ее ширину принимают не менее 5 м.

Густота полевых дорог внутри севооборотных массивов зависит от состава культур в различных севооборотах и угодий:

Севообороты, угодья	Ширина зоны обслуживания полевой дорогой, км
Овощные, овоще-кормовые, прифермские, возделывание трав для производства травяной муки	0,3...0,25
Полевые с картофелем	0,35...0,4
Полевые без картофеля	0,46...0,5
Культурные сенокосы	0,7...0,8
Культурные пастбища (основные скотопрогоны)	0,9...1

21.3. ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО И СООРУЖЕНИЯ НА ДОРОГАХ

Земляное полотно дорог на осушаемых землях проектируют, исходя из условий прочности и устойчивости дорожной одежды и элементов земляного полотна независимо от погодных условий и времени года. При этом используют типовые проектные решения 500-15 «Поперечные профили земляного полотна, конструкций укреплений и дорожных одежд для сельских дорог» (ГипродорНИИ). Поперечные профили дорог на осушаемых землях показаны на рисунках 21.1, 21.2 и 21.3.

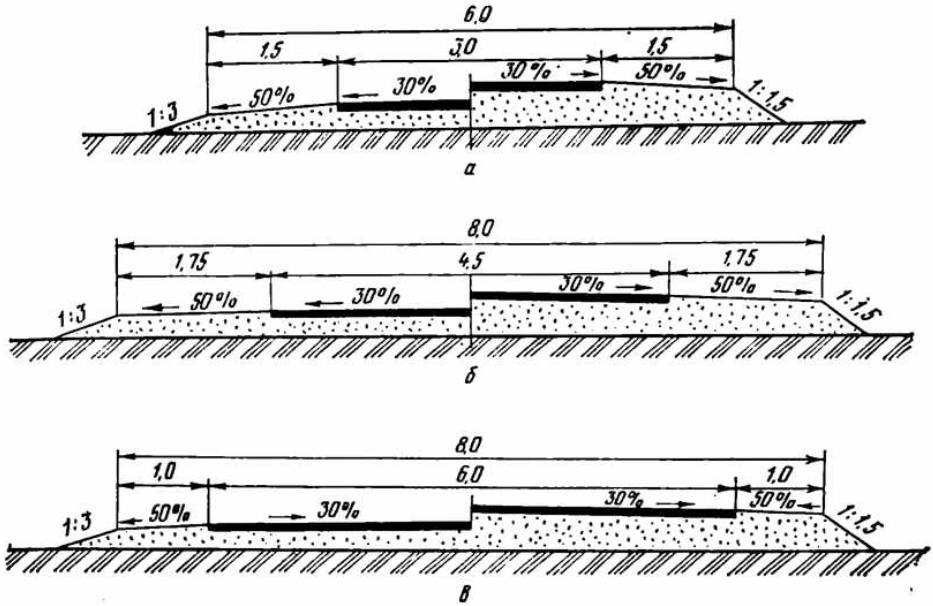


Рис. 21.1. Поперечные профили дороги в насыпи высотой слева до 1 м, справа более 1 м:

а, б и в — с проезжей частью шириной соответственно 3, 4 и 5, а также 6 м.

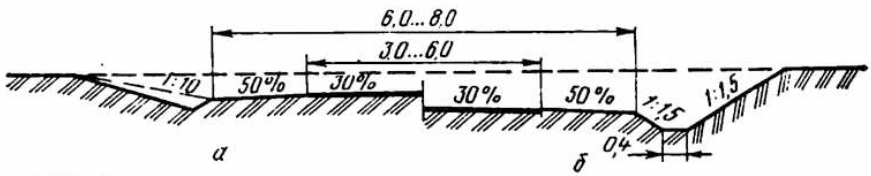


Рис. 21.2. Поперечные профили дороги в выемках:

а и б — выемка глубиной соответственно до 1 м и более 1 м.

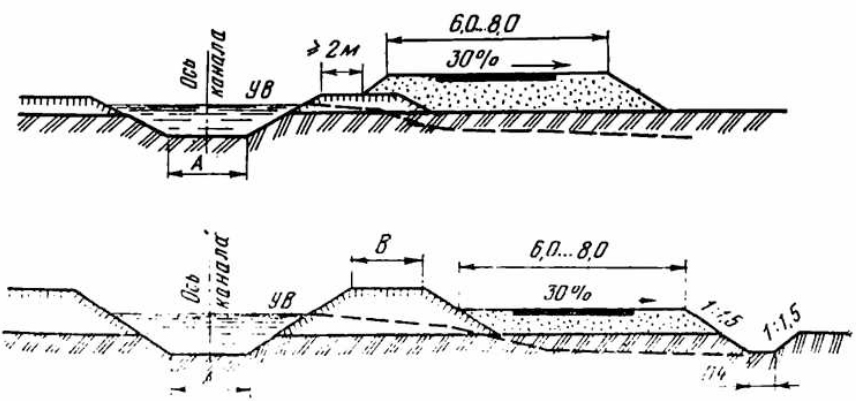


Рис. 21.3. Поперечные профили дорог на осушительно-увлажнительной системе.

Заложение откосов при высоте насыпи до 1 м принимают не более 1 : 3, а при большей высоте и возведении насыпи из привозных грунтов — 1 : 1; 5.

Ширину полосы отвода земли под внутрихозяйственные дороги принимают минимальной. Она включает ширину земляного полотна, водоотводных каналов и предохранительных полос шириной 1 м с каждой стороны дороги, откладываемых от подошвы откоса насыпи (или бровки выемки) либо от внешней кромки откоса водоотводной канавы.

Ширина полосы отвода земель под дороги общего пользования регламентируется СН 467—74.

Бровка земляного полотна на подходах к мостам и трубам должна возвышаться над расчетным уровнем воды с учетом подпора не менее чем на 0,5 м при безнапорном режиме работы сооружений и не менее чем на 1 м при напорном и полунапорном режимах.

Для дорог I-с и II-с категорий возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снежного покрова 5%-ной обеспеченности принимают не менее 0,5 м.

Земляное полотно внутрихозяйственных дорог всех категорий, располагаемых на ценных землях, а также основных полевых дорог допускается проектировать на насыпях высотой не менее расчетной толщины снежного покрова.

Насыпь дорог на осушаемых землях возводят из сосредоточенных резервов и карьеров, размещаемых на непригодных для использования в сельском хозяйстве землях. Боковые притрассовые резервы глубиной до 1 м на земельных участках, пригодных для сельскохозяйственного производства, проектируют в исключительных случаях при условии, что эти участки по окончании земляных работ будут приведены в состояние, пригодное для использования в сельском хозяйстве. Дну резервов придают поперечный уклон, равный 20% уклону дороги.

Водоотводные канавы, кюветы, резервы проектируют с продольным уклоном не менее 5% в сторону ближайшего водопропускного сооружения, а в особо трудных условиях, например на речных поймах, — не менее 3%.

Размеры поперечных сечений нагорных и водоотводных канав определяют гидравлическим расчетом при 5%-ной обеспеченности расчетного расхода воды для дорог I-с и II-с категорий и 10%-ной для дорог III-с категорий, принимая возвышение бровки канавы над расчетным уровнем воды не менее 0,2 м. Параметры кюветов принимают конструктивно.

Конструкции земляного полотна на поймах рек принимают, как правило, на основании опыта проектирования и строительства дорог в аналогичных условиях.

Водопропускные сооружения проектируют в соответствии с главой СНиП «Мосты и трубы. Нормы проектирования», а также с учетом требований настоящего раздела. Если в перспективе предусматривают перевод дороги в более высокую категорию, мосты и трубы проектируют в соответствии с требованиями перспективной категории.

Мосты на дорогах I-с категории применяют капитального типа. На дорогах II-с и III-с категорий, расположенных в лесных и лесостепных районах, допускается делать деревянные мосты. При выборе типа водопропускного сооружения целесообразнее применять трубы как более экономичные и удобные в эксплуатации. На внутрихозяйственных дорогах при технико-экономическом обосновании допускается устраивать затопляемые подходы с незатопляемыми или затопляемыми мостами, броды (глубина воды в межень до 0,3 м), а также паромные и ледовые переправы.

Мосты и трубы устраивают при любом сочетании элементов продольного профиля и плана. Число очков труб не ограничивают и назначают в зависимости от расчетного расхода воды. Диаметр отверстий принимают не менее 0,75 м, а на дорогах III-с категории — 0,5 м. Толщину засыпки над трубами до бровки земляного полотна принимают по расчету. Трубы под насыпями дорог всех категорий проектируют на полную ширину земляного полотна, а габариты мостов принимают по таблице 21.4 и согласовывают с сельскохозяйственными организациями, в ведении которых будут находиться дороги.

21.4. Габариты мостов

Габариты	Категория дороги		
	I-с	II-с	III-с
Ширина проезжей части, м	6,0	3,5	3,5
Ширина полосы безопасности, м	1,0(0,5)	1,0(0,75)	0,5
Шифр типовой конструкции моста	Г=8 (Г=7)	Г=5,5 (Г=5)	Г=4,5

Примечание. Цифры в скобках для деревянных мостов.

Размеры труб и малых мостов (до 25 м) определяют гидравлическим расчетом. Без расчета можно устраивать мосты пролетом 2...3 м через каждые 1...2 км при проектировании дорог по заболоченной местности.

При проектировании малых мостов (до 25 м) и труб обеспеченность расчетных расходов в районах с развитой дорожной сетью следует принимать 5(10) % и малоразвитой — 3(5) %. В скобках указаны цифры для дорог III-с категории. К районам с развитой дорожной сетью относят территории, на которых протяженность дорог с твердым покрытием превышает 0,2 км на 1 км^2. Обеспеченность расчетных расходов при технико-экономическом обосновании можно изменять.

21.4. ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Дорожные одежды должны опеспечивать проезд транспортных средств в период уборки урожая, который обычно совпадает с осенним дождевым паводком. Рекомендуемые типы дорожных одежд для сельскохозяйственных дорог различных категорий и соответствующие им основные виды покрытий, материалы и способы их укладки по данным СНиП 2.05.II—83 приведены ниже.

Категория дороги	Типы дорожных одежд
I-с	Капитальные или облегченные с усовершенствованным покрытием
II-с	Капитальные или облегченные с усовершенствованным покрытием, переходные
III-с	Переходные, низшие

Дорожные одежды	Основные виды покрытий, материалы и способы их укладки
Капитальные	*Жесткие покрытия.* Цементобетонные монолитные двухслойные или однослойные железобетонные или цементобетонные сборные
	Нежесткие покрытия. Асфальтобетонные двухслойные с верхним слоем из смесей II и III марок типов Б, В, Г и Д, укладываемых в горячем состоянии
	Асфальтобетонные однослойные из смесей I—III марок типов Б, В, Г и Д, укладываемых в горячем состоянии
	Асфальтобетонные двухслойные с верхним слоем из смесей II—III марок типов Б, В, Г и Д, укладываемых в теплом состоянии
Облегченные	Асфальтобетонные двухслойные с верхним слоем из смесей I—II марок типов Б*, В*, Г*, Д*, укладываемых в холодном состоянии
	Асфальтобетонные однослойные из смесей Б, В, Г и Д, укладываемых в теплом состоянии

Облегченные	Асфальтобетонные однослойные из смесей I и II марок типов Б., В., Г. и Д., укладываемых в холодном состоянии
	Из подобранного щебеночного или гравийного материала, обработанного вязким или жидким битумом в установке
	Из фракционированного щебня, обработанного вязким битумом в установке или методом пропитки с поверхностной обработкой
	Из щебеночных или гравийных смесей, обработанных жидким битумом методом смешения на дороге
	Из крупнообломочных или песчаных грунтов, обработанных битумной эмульсией с цементом в установке с поверхностной обработкой
Переходные	Из фракционированного щебня, укладываемого по способу заклинки
	Из подобранного щебеночного или гравийного материала
	Из местных каменных материалов и песчаных грунтов, обработанных органическими и минеральными вяжущими с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ)
Низшие	Из грунтов, укрепленных или улучшенных различными скелетными добавками (щебнем, гравием, дресвой, шлаком и другими местными материалами)
	Из местных каменных материалов, грунтов, укрепленных местными вяжущими (гранулированными доменными шлаками и т. д.)

Конструкции дорожных одежд принимают с использованием типовых проектных решений 500-15 «Поперечные профили земляного полотна, конструкций укреплений и дорожных одежд для сельских дорог» (ГипродорНИИ), а также СН 25—74.

В расчетах принимают следующие сроки службы дорожных одежд до капитального ремонта: цементных до 25 лет; асфальтобетонных до 15 лет; усовершенствованных облегченных до 10 лет; переходного типа до 6 лет.

21.5. ТРАКТОРНЫЕ ДОРОГИ

Тракторные дороги, предназначенные для движения тракторов, тракторных поездов, сельскохозяйственных, строительных и других самоходных машин на гусеничном ходу, проектируют на отдельном земляном полотне при интенсивности движения в наиболее грузонапряженном месяце (более 10 транспортных единиц в 1 сут). Эти дороги располагают рядом с соответствующими сельскохозяйственными дорогами, как правило, с подветренной стороны господствующих ветров в летний период. На совмещенном земляном полотне с раздельными полосами движения для автомобилей и машин на гусеничном ходу тракторные дороги проектируют: при интенсивности движения менее 10 машин на гусеничном ходу в 1 сут; на подходах к мостам; при пересечении болот; при трассировании дороги по ценным сельскохозяйственным угодьям.

В этих случаях используют для движения машин на гусеничном ходу одну из укрепленных обочин автомобильной дороги, ширина которой должна быть не менее 4,5 м.

Ширину полосы движения и обособленного земляного полотна тракторной дороги назначают в зависимости от ширины колеи подвижного состава по таблице 21.5.

Тракторные дороги, как правило, проектируют грунтовыми серповидного профиля в нулевых отметках (высотой до 0,3 м) с обеспечением водоотвода кюветами треугольного профиля. При необходимости на тракторных дорогах

21.5. Параметры тракторных дорог (по данным СНиП 2.05.II—83)

Ширина колеи транспортных средств на гусеничном ходу, м	Ширина полосы движения, м	Ширина земляного полотна, м
2,7 и менее	3,5	4,5
от 2,7 до 3,1	4,0	5,0
» 3,1 » 3,6	4,5	5,5
» 3,6 » 5,0	5,5	6,5

21.6. Продольные уклоны тракторных дорог

Направление продольного уклона в грузовом направлении	Продольные уклоны, %	
	наибольшие	допускаемые для трудных участков
Подъем	40	80
Спуск	60	100

21.7. Уширение (м) земляного полотна на кривых

Число тракторных прицепов	Радиус (м) кривых в плане				
	15	30	50	80	100
Трактор без прицепа	1,50	0,55	0,35	0,20	—
» с одним прицепом	2,50	1,10	0,65	0,40	0,25
» с двумя прицепами	3,50	1,65	0,95	0,60	0,45
» с тремя прицепами	—	2,15	1,30	0,80	0,65

устраивают разъезды шириной от 8 до 13 м и длиной не менее 15 м в зависимоти от длины расчетных транспортных средств.

Продольные уклоны тракторных дорог, располагаемых на отдельном земляном полотне, принимают не более указанных в таблице 21.6.

Элементы продольного профиля при алгебраической разности смежных уклонов более 50% сопрягают вертикальными кривыми радиусом не менее 100 м и длиной 20 м и более.

При предельных уклонах 60% и более на большом протяжении через каждые 500 м предусматривают горизонтальные площадки с уклоном не круче 20% и длиной не менее 50 м.

Радиусы кривых в плане для тракторных дорог принимают не менее 100 м. Для трудных участков они могут быть уменьшены до 15 м при движении тракторов с одним или двумя прицепами и до 30 м — с тремя прицепами или при перевозке длинномерных грузов.

При радиусах кривых в плане менее 100 м предусматривают уширение земляного полотна с внутренней стороны кривой согласно таблице 21.7.

21.6. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОРОГ

Пересечения внутрихозяйственных дорог всех категорий с автомобильными дорогами I категории общего пользования и дорог I-с категории с дорогами II категории общего пользования при соответствующем технико-экономическом обосновании принимают в разных уровнях. Пересечения внутрихозяйственных дорог всех категорий с автомобильными дорогами других категорий и между собой проектируют в одном уровне.

Пересечения и примыкания внутрихозяйственных дорог с дорогами общей сети согласовывают с дорожными органами и выполняют под прямым углом или близким к нему, но не менее 45° при надлежащем обосновании, а для дорог III-с категории — до 30°. Продольные уклоны внутрихозяйственных дорог в пределах расстояния расчетной видимости дороги на подходах к пересечениям и примыканиям не должны превышать 40%.

Пересечения дорог I-с и II-с категорий скотопрогонами назначают с использованием ближайших сооружений (мостов), габариты которых должны быть не менее: ширина 4 м, а высота 2,5 м. При отсутствии вблизи искусственных сооружений, удовлетворяющих требованиям скотопрогонов, пересечения проектируют в одном уровне.

21.7. СКОТОПРОГОНЫ

Скотопрогоны предназначены для переходов скота на пастбища, выгулы и водопой. Их подразделяют на основные (магистральные) для перегона скота от фермы или летнего лагеря на пастбище и внутрипастбищные. Вдоль скотопрогонов с обеих сторон устраивают изгородь, чтобы исключить повреждение скотом открытых каналов и потраву посевов. Скотопрогоны по возможности прокладывают прямолинейно без крутых поворотов. Ширину основных скотопрогонов ориентировочно принимают для гуртов в 100 коров 20...25 м, в 100 голов молодняка — от 1 до 2 лет — 15...20 м, отар овец в 800...1 000 голов — 23...35 м, табунов в 100 лошадей — 20 м, а внутрипастбищных — 8...10 м.

Пастбищные участки можно располагать по одну или по обе стороны от скотопрогона. Полосу скотопрогонов укрепляют песком, гравием или посевом многолетних трав, образующих плотную дернину.

21.8. ДОРОЖНЫЕ УСТРОЙСТВА И ОБСТАНОВКА ДОРОГ

Кроме водопропускных сооружений на дорогах осушительных систем при необходимости предусматривают снегозащитные устройства, остановочные и посадочные площадки, павильоны для ожидания транспортных средств, стоянки, дорожные знаки и т. д. Остановочные и посадочные площадки устраивают на дорогах I-с и II-с категории с регулярным автобусным движением. Ширину остановочных площадок принимают 3 м, а длину — не менее 10 м для автобусов каждого направления. Ширину и длину посадочных площадок соответственно 2 и 10 м.

В начальных (конечных) пунктах тупиковых дорог, у проходных сельскохозяйственных комплексов, ферм и в других обоснованных случаях для разворота транспорта и сельскохозяйственных машин предусматривают площадки прямоугольной формы размером не менее 25×25 м или грушевидные и петлевые объезды радиусом не менее 12 м.

Для предотвращения аварийных съездов транспортных средств и сельскохозяйственных машин с земляного полотна предусматривают ограждения барьерного типа высотой не менее 0,8 м из железобетона, металла (в том числе из металлических тросов) или дерева.

21.8. Расстояние (м) между сигнальными столбиками (по данным СНиП 2.05.II—83)

Радиус кривой в плане, м	С внешней стороны кривой	С внутренней стороны кривой
30 и менее	2	3
50	3	5
100	5	10
500	20	40
600...1000	25	50

Дорожные ограждения устанавливают также на подходах к мостам и путепроводам на протяжении не менее 20 м (в том числе в случаях, когда по условиям высоты насыпи устройство ограждений не требуется); на участках дорог, проходящих параллельно железнодорожным линиям, а также болотам, оврагам

и водным потокам глубиной более 2 м, расположенным на расстоянии менее 15 м от кромки проезжей части дороги.

Стойки ограждений устанавливают на расстоянии не менее 0,5 м от бровки земляного полотна и 1,5 м от кромки проезжей части дороги с учетом намеченного движения широкогабаритных сельскохозяйственных машин.

Направляющие устройства в виде сигнальных столбиков принимают, когда не требуется установка ограждений барьерного типа по таблице 21.8.

Сигнальные столбики устанавливают на расстоянии не менее 0,35 м от бровки земляного полотна и не менее 0,75 м от кромки проезжей части.

Защиту дорог от снегозаносов проводят с учетом мероприятий по задержанию снега на прилегающих полях и агролесомелиораций.

Форму и размеры дорожных знаков и указателей принимают в соответствии с ГОСТ 10807—78.

Глава 22. ПРИРОДООХРАННЫЕ СООРУЖЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ

22.1. ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

При мелиорации земель предусматривают природоохранные мероприятия, исключающие или ослабляющие возможные отрицательные воздействия на природную среду. Эти мероприятия реализуют при строительстве и эксплуатации мелиоративных систем в соответствии с рабочим проектом, в котором разрабатывается специальный раздел по охране природы.

Для составления проекта проводят необходимые изыскания и исследования в пределах проектируемой системы и на прилегающей к ней территории. По их результатам дают оценку естественных биогеоценозов и прогноз их изменений под влиянием мелиорации, освоения и сельскохозяйственного использования земель.

Природоохранные мероприятия разрабатывают для основных объектов природы: земля (почва), недра, воды (поверхностные и подземные), растительность, животный мир, воздушный бассейн, ландшафт, а также для редких и достопримечательных объектов истории и культуры.

Руководство по разработке раздела «Охрана природы» в составе проекта мелиорации земель (ВТР-П-2.3—80) предусматривает пять зон влияния мелиоративной системы: I — внутренняя, в контурах мелиоративной системы; II — внутренняя, охватывающая немелиорируемые площади в контурах мелиоративной системы; III — непосредственно прилегающая зона влияния; IV — отдаленная зона влияния; V — зона воздушного пространства в контурах всех зон.

Зоны влияния выделяются по основным признакам (прогнозный уровень грунтовых вод (УГВ), рельеф объекта и прилегающей территории), а их границы уточняются по дополнительным признакам.

К дополнительным признакам относятся: локальные депрессии рельефа на прилегающей территории и возвышенности на объекте мелиорации (на общем фоне рельефа); механический состав и высота капиллярного поднятия грунтов; наличие почвенного покрова и тип почв; преобладающая растительность на прилегающих землях (лесная, луговая др.); общее направление потока грунтовых вод (в сторону объекта мелиорации или от него); химический состав грунтовых вод и прогноз его изменения после снижения УГВ.

Зона I включает все элементы мелиоративной системы и мелиорируемые земли. В зону II включают все земли, имеющие средние отметки на 1,0 м и более выше средних отметок мелиорируемой территории и внешнюю форму в виде холмов, гряд, куртин. В зону II не включаются избыточно увлажненные земли со средними превышениями 1,0 м и более над средними отметками нижележащих заболоченных земель, когда переувлажнение склоновых земель возникает в связи с приточным режимом и высоким уровнем грунтовых вод.

В зоне II могут быть предусмотрены дополнительные гидромелиоративные (подъем УГВ, орошение и др.), лесоустроительные, планировочные и другие мероприятия.

В зону III включают земли, на которых (после создания мелиоративной системы) возможны существенные изменения водного режима корнеобитаемого слоя. Внутренней границей третьей зоны считают границу заболоченной и прилегающей территории, определяемой по значительному возрастанию от-

меток поверхности земли, или границу, где торфяная залежь переходит в минеральный грунт прилегающей территории. Внешнюю границу третьей зоны определяют как линию (в плане), где капиллярная кайма отрывается от среднегодовой депрессионной поверхности. При этом принимается эффективная высота капиллярной каймы $h_к$ с некоторым коэффициентом α. Приближенно для глинистых и суглинистых грунтов коэффициент α равен 0,6...1,0, для супесчаных и песчаных грунтов $\alpha=1,0...1,3$.

Внешняя граница зоны III служит внутренней границей зоны IV. За внешнюю границу зоны IV принимают линию, где капиллярная кайма высотой $\alpha h_к$ при $\alpha=1,0$ (для всех грунтов) пересекает среднегодовую депрессионную поверхность. Обоснованием установления внешней границы служат материалы опытных работ, проведенных с целью определения влияния мелиорации земель на прилегающие земли. Из этих материалов следует, что за пределами внешней границы четвертой зоны сколько-либо заметного влияния на все факторы внешней среды не наблюдается. Внешняя граница зоны III также условна, но при заметном снижении капиллярной каймы от среднего положения увеличивается зона аэрации и возможны существенные изменения режима влажности почвы, глубины распространения корневой системы травяной растительности и др. При снижении УГВ на 1,0 м и более происходит заметное (до 20%) уменьшение прироста отдельных пород деревьев, до 0,5 м изменения в приросте остаются на уровне обычных годовых колебаний.

В зонах III и IV могут быть проведены гидромелиоративные, лесо- и агротехнические мероприятия.

Наиболее развитой в сторону прилегающей территории оказывается зона III при устройстве ловчих и нагорно-ловчих каналов, прокладываемых по границе осушаемого объекта. Необходимость перехвата потоков грунтовых вод для предотвращения подпитывания осушаемой территории обусловливает устройство ловчих каналов глубиной до 2,0 м. При таких глубинах распространение зоны III может достигать 3...5 км от объекта.

При глубинах нагорных и нагорно-ловчих каналах, равных 1,0...1,5 м, снижение УГВ на прилегающих землях практически такое же, как и при их отсутствии (из-за сезонного колебания УГВ на объекте).

Зоны влияния устанавливают после отыскания точек пересечения линий: верхней границы высоты капиллярного поднятия и кривой депрессии до осушения, что определяет границу зоны III. При этом существует следующая закономерность: чем больше протяженность зоны III, тем больше длина и зоны IV. Связано это с тем, что с удалением от объекта мелиорации кривая депрессии делается более пологой. Протяженность зоны IV от точки пересечения кривой капиллярного подпитывания и кривой депрессии вычисляют по формуле

$$L_4 = (\alpha - 0,1)\, h_к / i,$$

где i — средний уклон кривой депрессии в пределах зоны IV (определяют по кривой депрессии); $h_к$ — высота капиллярной каймы.

Граница зоны V совпадает с внешней границей зоны IV. За пределами этой границы запыление воздушной среды (от ветровой эрозии и дефляции), связанное с влиянием мелиоративной системы, незначительно, однако при очень больших скоростях ветра над осушенными торфяниками оно может увеличиваться.

В пределах зоны V возможны противодефляционные мероприятия (лесные полосы вдоль каналов и дорог, лесные посадки в пределах второй и третьей зон, увлажнение верхнего слоя торфа и др.).

При условиях, отличающихся от стандартных, число зон влияния можно уменьшать. Если отметки поверхности прилегающей территории превышают среднюю отметку осушаемой территории на 1,5...2,0 м (крутой подъем), то зону III не выделяют.

Можно не выделять зону IV при малой высоте капиллярной каймы и крутопадающей кривой потока грунтовых вод. В этом случае внешняя гра-

ница зоны III служит границей зоны V. Часто можно не выделять зону II в связи с отсутствием всхолмлений в пределах зоны I.

Для выделения границ зон влияния необходимо установить: связь между грунтовыми водами осушаемого массива с прилегающими землями; направление потока грунтовых вод (в сторону болота или от него); слоистость геологического профиля, наиболее водопроницаемый слой и глубину до водоупора; характер потока в плане: сужающийся к объекту мелиорации, расходящийся от объекта мелиорации (трехмерный поток), фронтальный поток (двухмерный); характер растительности; химический состав грунтовой воды.

Расчет кривой депрессии в сторону прилегающей территории и выбор начальной точки отсчета проводят по следующим формулам.

Понижение уровней грунтовых вод H на расстоянии x от осушительной системы приближенно определяют по формуле

$$H = H_0 \operatorname{erfc}(Z),$$

где H_0 — понижение уровней на границе осушительной системы (обычно равно норме осушения), м; $\operatorname{erfc}(Z)$ — специальная функция, определяемая по таблице 22.1, в зависимости от

$$Z = x/(2\sqrt{at}),$$

a — уровнепроводность водоносного пласта, м²/сут;

$$a = kh/\mu;$$

x — расстояние от осушительной системы, м; k — коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут; h — мощность этого пласта, м; μ — водоотдача, доли единицы; t — время, сут.

При плоском рельефе и хорошо водопроницаемых грунтах дальность влияния осушительной системы определяют по уровню грунтовых вод и в пределах зоны значительных изменений уровней предусматривают необходимую трансформацию угодий, почво- и водозащитные мероприятия.

При наличии нагорно-ловчего канала и слоя воды в канале, вызванного подпором, кривая депрессии строится от уреза воды с использованием соответствующих расчетных формул. При отсутствии постоянного уровня воды в канале (понижение уровня до дна) начальных точек будет две: верхняя (на откосе), совпадающая с уровнем грунтовых вод в приканальной зоне (обычная высота слоя 20...30 см от дна канала), нижняя, практически совпадающая с отметкой дна канала.

Вычисленные по формулам ординаты и построенные кривые депрессии в сторону прилегающей территории позволяют определить точки пересечения с кривой депрессии (существовавшей до осушения болота), что дает некоторый диапазон, а не одну точку пересечения. Этот диапазон характеризует реально наблюденные уровни, по которым определяют дальность действия нагорно-ловчего канала в различные по водности годы. За расчетную принимают среднюю между предельными кривую депрессии.

22.1. Значение функции $\operatorname{erfc}(Z)$ в зависимости от аргумента

Z	$\operatorname{erfc}(Z)$	Z	$\operatorname{erfc}(Z)$	Z	$\operatorname{erfc}(Z)$
0,00	1	0,35	0,6206	0,90	0,2031
0,05	0,9436	0,40	0,5716	1,00	0,1578
0,10	0,8875	0,45	0,5245	1,20	0,0897
0,15	0,8320	0,50	0,4795	1,40	0,0477
0,20	0,7773	0,60	0,3961	1,60	0,0237
0,25	0,7237	0,70	0,3332	1,80	0,0109
0,30	0,6714	0,80	0,2579	2,00	0,0040

22.2. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

Все сооружения и мероприятия можно объединить в три группы: комплексного использования, обеспечивающие основные функции мелиоративных систем и одновременно имеющие природоохранную направленность; ликвидирующие или предотвращающие негативные последствия в природной обстановке; имеющие рекреационное значение.

Мероприятия по охране земель должны предусматривать: нормированное осушение земель, исключающее как недосушку, так и чрезмерное осушение; исключение недопустимых затоплений и подтоплений земель при сооружении водохранилищ; использование маломощных торфяников под травы, введение травопольных севооборотов на мощных торфяниках; залесение песчаных низкопродуктивных земель, расположенных в пределах объектов осушения; рекультивацию и вовлечение в сельскохозяйственный оборот земель из-под карьеров строительных материалов, торфяных карьеров, а также старых дорог, снесенных хуторов и т п.; борьбу с водной и ветровой эрозией.

Для предотвращения эрозии предусматриваются сохранение куртин леса и отдельных деревьев, посадка лесных полос вдоль крупных каналов и по берегам водохранилищ. Ширина противоэрозионных лесных полос в зависимости от почв и уклонов может быть определена по таблице 22.2.

Кроме того, во избежание эрозии истоки каналов, проходящих в тальвегах, должны быть закреплены.

На системах, построенных на торфяных почвах, первостепенное значение имеют противопожарные мероприятия: устройство противопожарных полос,

22.2. Ширина (м) противоэрозионных лесных полос (Р. Д. Жилкин)

Преобладающая порода в насаждениях	Уклон территории, град									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Песчаные почвы										
Сосна	27	29	32	36	39	41	44	47	50	53
Ель	28	32	36	42	47	52	56	61	66	71
Лиственница	27	30	34	39	43	46	50	53	57	61
Береза	27	29	32	36	38	41	44	47	49	52
Осина	27	28	30	33	36	38	40	42	44	46
Супесчаные почвы										
Сосна	31	38	49	62	72	82	92	101	112	122
Ель	33	43	58	78	91	105	119	133	147	162
Лиственница	31	40	51	67	77	88	99	110	121	133
Дуб	30	36	45	56	64	73	81	89	98	107
Липа	31	38	49	62	72	82	92	101	112	122
Береза	30	36	45	56	64	73	81	89	98	107
Осина	29	34	40	50	56	62	68	75	81	88
Суглинистые почвы										
Сосна	35	48	67	92	109	124	143	161	179	197
Ель	42	66	100	146	176	206	242	271	302	337
Лиственница	39	58	85	120	145	169	194	222	244	275
Дуб	35	50	70	97	115	134	152	170	190	210
Липа	38	55	79	111	134	154	178	202	226	247
Береза	35	50	70	97	115	134	152	170	190	210
Осина	33	45	60	81	95	110	125	139	154	170

отделяющих осушенные торфяники от населенных пунктов, лесных массивов с хвойными породами, железных и шоссейных дорог, электрических подстанций (минимальная ширина полос соответственно составляет 300, 100, 30 и 20 м) и источников противопожарного водоснабжения.

Мероприятия по охране вод включают создание прибрежных водоохранных зон по берегам рек и крупных каналов (ширину их устанавливают местные Советы народных депутатов в зависимости от протяженности реки; она может составлять 300...1 000 м и более), охрану водоемов и водотоков от загрязнения и истощения, мелиорацию водоемов (очистка от сапропеля, разведение растительноядных рыб), охрану подземных вод.

Мероприятия по охране фауны направлены на ее сохранение и приумножение. С этой целью рекомендуется:

согласовывать мелиоративные мероприятия на объектах, где обитают водоплавающие птицы и пушные звери, с органами охотохозяйства, а на реках и водоемах, имеющих рыбохозяйственное значение, с органами Главрыбвода;

не осушать болота и заболоченные земли, не спускать воду из озер и не регулировать реки в местах обитания бобров и ондатры; переселять бобровые поселения в исключительных случаях по согласованию с охотохозяйствами;

не уничтожать древесно-кустарниковую растительность арборицидами, ограниченно применять выжигание растительности, предусматривать мероприятия по предотвращению гибели животных на дорожной сети, при пересечении каналов, при сельскохозяйственных работах и т. д.;

применять рыбозащитные сооружения на насосных станциях;

предусматривать мероприятия по сохранению нерестилищ и зимовальных ям при регулировании рек и польдерном осушении;

предусматривать создание защитных лесных полос с посадкой в них древесных пород и кустарников, являющихся природным кормом для полезных животных и птиц.

Мероприятия по охране флоры при осушении — сохранение редких видов растительности (ягодники, лекарственные растения, лесопарки и др.), ценных кормовых угодий, создание резерватов и заповедников.

Мероприятия по охране ландшафтов должны обеспечивать сохранение отдельных элементов ландшафта, имеющих научную и эстетическую ценность, в неприкосновенности. На осушаемой территории необходимо сохранять отдельные рощи, группы деревьев и отдельные деревья, водопады, родники, геологические обнажения, курганы, памятники природы и культуры.

Составная часть охраны природы — рекреационные мероприятия (очистка водоемов, устройство мест для купания на каналах, пляжей и т. п.).

Основные природоохранные мероприятия изложены в «Руководстве по разработке раздела «Охрана природы» в составе проекта мелиорации земель» (ВТР П-2,3—80).

22.3. СХЕМЫ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

При проектировании мелиоративных систем следует стремиться к полному учету местных рельефных, климатических и геолого-гидрологических условий и использованию их для охраны компонентов природной среды.

К основным приемам сохранения и улучшения природной среды относятся: водооборот на осушительно-увлажнительных системах; ограничение регулирования водного режима водотоков и водоемов, служащих водоприемниками мелиоративных систем (особенно малых рек); предотвращение понижения УГВ на прилегающих к мелиоративным системам землях; создание сети лесных полос вдоль каналов и дорог, сохранение лесокустарниковой растительности на неудобных для сельскохозяйственного освоения территориях, в приречных экологических системах; обеспечение условий для образования зон рекреации; введение комплекса мероприятий против ветровой и

водной эрозии и сработки торфяной залежи; устройство польдеров различных конструкций, ограничивающих подтопление земель; создание условий для сохранения полезной и характерной для данного региона флоры и фауны.

Перечисленные приемы учтены в типовых схемах природоохранных мероприятий, которые наиболее полно освещены в «Рекомендациях для экспериментального проектирования природоохранных мероприятий при мелиорации земель».

Типовые схемы природоохранных мероприятий делятся на две группы: выполняющие только природоохранную роль; выполняющие частично роль основного элемента системы при несомненном природоохранном значении.

В проектах строительства и переустройства мелиоративных систем в первую очередь должны применяться схемы мероприятия второй группы, а при соответствующих экономических показателях также первой группы.

Выделенные две группы схем природоохранных мероприятий определяют конструкции технически и экологически совершенных мелиоративных систем.

Системы комплексного использования природных ресурсов (земельных, водных, растительных, охотничьих, рекреационных и др.) предусматривают одновременное использование мелиорируемых земель для сельскохозяйственного производства и охотничьего хозяйства, организацию прудового рыбного хозяйства как элемента мелиоративной системы, создание рекреационных зон в границах мелиоративной системы, водное благоустройство и мелиорацию земель в зоне животноводческих комплексов, мелиоративное и лесохозяйственное устройство неудобных земель. Все эти мероприятия могут быть в сочетаниях.

Мелиоративные системы с природоохранными мероприятиями проектируют на сравнительно небольших площадях, на которых природные ресурсы, кроме водно-земельных, ограничены. Природоохранные мероприятия в соответствии с вышеизложенным включают: создание лесных полос и сохранение отдельных куртин леса для поселения полезных птиц с целью активизации биологической борьбы с вредителями растений, орошение осушаемых и прилегающих к ним земель дренажными водами для охраны малых рек от загрязнения (применение водооборотных осушительно-увлажнительных систем), устройство мест отдыха и любительского рыболовства на крупных каналах и водохранилищах, водоохранных зон и заповедных территорий, упорядочение дорожной сети, проведение культуртехнических работ с облагораживанием естественных ландшафтов, переселение, улучшение условий обитания бобров, ондатры и других водных и околоводных животных и переселение при необходимости их колоний и др.

Типовые схемы позволяют компоновать в проектах комплекс природоохранных мероприятий и создавать экологически совершенные системы. Набор типовых схем в проекте определяется климатическими и гидрогеологическими условиями объекта мелиорации. Как правило, чем больше площадь системы, тем более разнообразен набор природоохранных мероприятий. На рисунке 22.1 приведена мелиоративная система с комплексом природоохранных мероприятий. В качестве водоприемника системы служит река. Заболоченность поймы определяется намывным питанием, склоновым стоком и малыми поперечными уклонами поймы, высоким положением УГВ. Берега реки поросли лесокустарниковой растительностью. Учитывая небольшую водосборную площадь реки (около 200 км²) и необходимость сохранения приречной экологической системы, запроектирован пропуск весенних и летне-осенних паводковых вод по каналам. Каналы в паводок осуществляют разделение потока и одновременно служат магистральными для системы. Русло реки регулируется только в устье, ниже места впадения магистрального канала. Другим природоохранным мероприятием является задержание дренажного стока с целью предотвращения сброса его в реку. На правой части поймы предусматривается устройство пруда-накопителя дренажного стока в естественном понижении. Вода из пруда подается насосной установкой на прилегающую малопродуктивную территорию с организацией на ней зеленой зоны. Дренажный сток в этой схеме будет вовлечен в незамкнутый водооборот, так как он не возвращается на дренированную территорию; поскольку увлажнение глубокозалежного торфяника на правой пойме не предусматривается.

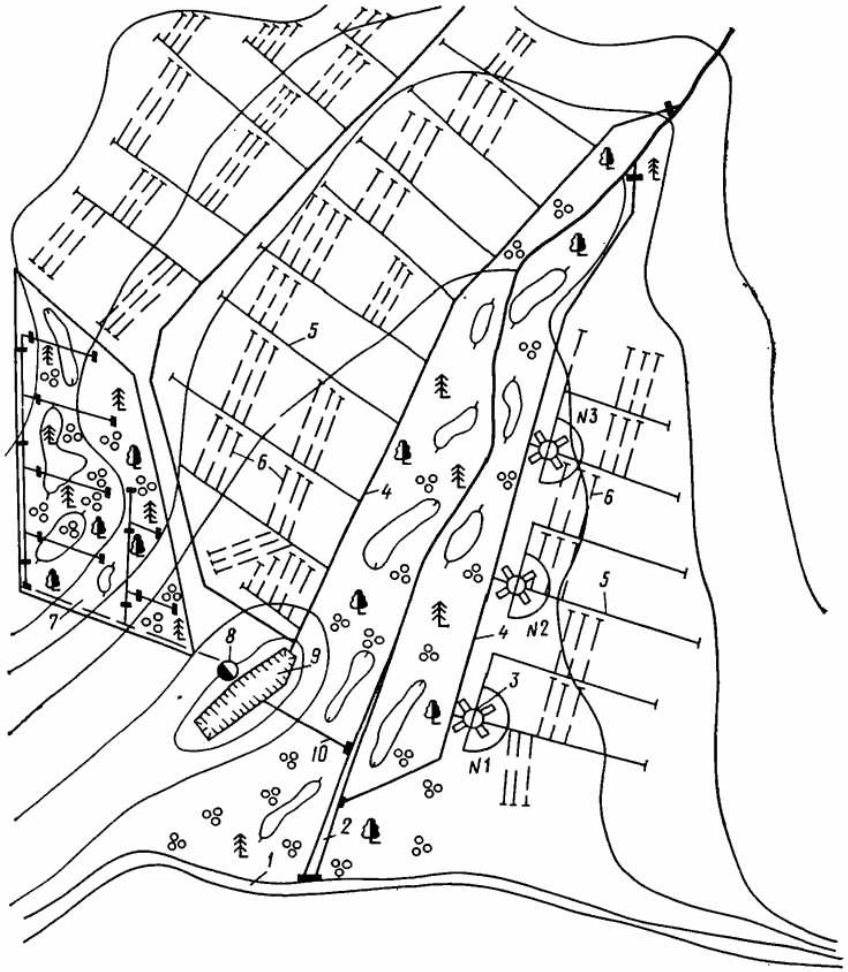


Рис. 22.1. Мелиоративная система с природоохранными мероприятиями:

1 — река-водоприемник; *2* — магистральный канал; *3* — колодцы-накопители; *4* — проводящие каналы; *5* — коллекторы; *6* — дрены; *7* — зеленая зона; *8* — насосная установка; *9* — пруд-накопитель; *10* — сбросной канал.

На левой части поймы, узкой и вытянутой, распространены мелкозалежные торфяники, отведенные под луг. На этой части поймы проектируются колодцы-накопители, из которых вода забирается дождевальными машинами на орошение прилегающей к колодцам территории. В рассматриваемом примере при мелиорации поймы реки площадью 84 га предусмотрены следующие природоохранные мероприятия: сохранение приречной лесокустарниковой растительности, организация зеленой зоны на прилегающей территории и водооборота дренажного стока.

При мелиорации земель ландшафты удобно рассматривать в границах водораздельных линий бассейнов рек, поскольку в гумидной зоне основные объекты мелиорации тяготеют к водотокам; водораздельные болота, как правило, не входят в мелиоративный фонд.

Речной бассейн может представлять единый ландшафт или группу элементарных ландшафтов. Для малых рек, бассейны которых не превосходят 300 км², ландшафт можно считать единым, для больших рек, протекающих по различным зонам страны, — группой ландшафтов. Большая группа ландшафтов может также именоваться местностью.

Созданию мелиоративных систем в речных бассейнах должно предшествовать составление ландшафтного прогноза, включающего: инвентаризацию ландшафтов (составление ландшафтного кадастра); составление карты элементарных ландшафтов внутри единого ландшафта; анализ природных ресурсов группы ландшафтов и каждого ландшафта; качественную оценку ландшафтов по признаку антропогенного воздействия, то есть возможности хозяйственного использования ресурсов каждого ландшафта; схему рекомендаций по оптимизации ландшафтов или схему водно-земельных и других ресурсов, прогноз использования природных ресурсов и возможные последствия, то есть прогноз загрязнений, влияния на соседние ландшафты, не затрагиваемые антропогенным воздействием.

Понятие ландшафта неразрывно связано с зонами отдыха. Эстетическое значение благоустройства зон отдыха определяется сохранением природного ландшафта, способствующего также увеличению мест, пригодных для обитания птиц и диких животных.

К таким схемам можно отнести зоны отдыха на старицах или излучинах тех рек, которые регулируются для использования их в качестве водо-

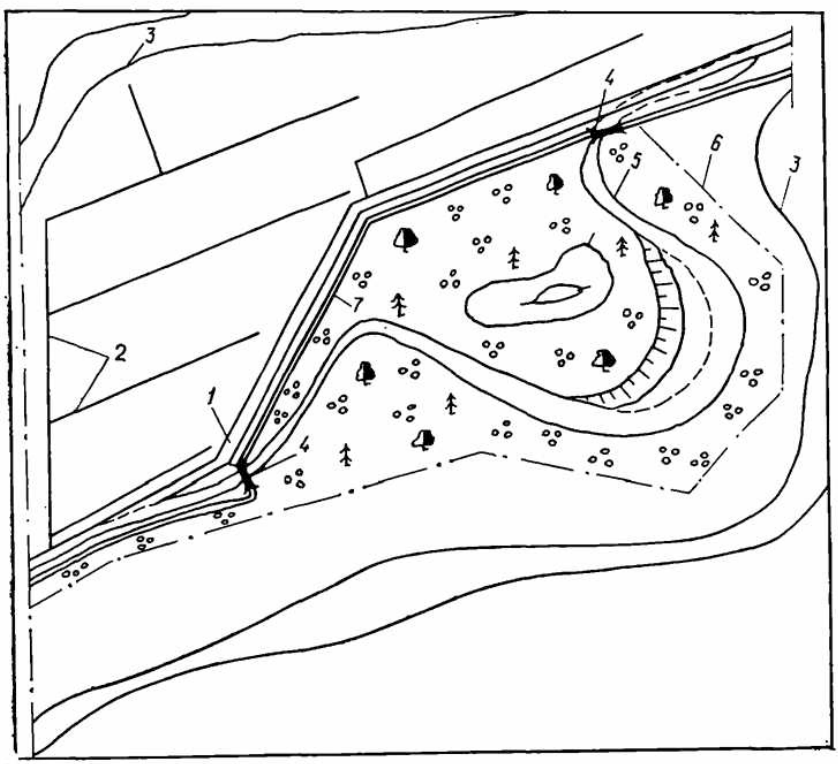


Рис. 22.2. Зона отдыха в излучине реки:

1 — граница зоны отдыха со стороны магистрального канала; *2* — проводящие каналы дренажной системы; *3* — горизонтали; *4* — трубчатый переезд со шлюзом-регулятором; *5* — старица; *6* — граница зоны отдыха со стороны полей; *7* — дорога.

приемников, а также на месте ликвидируемых мелководий и подтопленных земель, пруды-копани на магистральных каналах осушительных и осушительно-увлажнительных систем.

На рисунке 22.2 приведена схема, которую можно отнести к типовым для многих рек, используемых в качестве реки-водоприемника. Крутая излучина реки в верхней ее части уширяется, образуя водную поверхность, входящую в состав всей зоны отдыха. Излучина и примыкающая территория между дорогой и границей зоны составляют рекреационный ландшафт. Естественная и посаженная лесокустарниковая растительность образуют зеленую зону, откос уширения излучины оформляется в виде пляжа. Водообмен организован с помощью шлюзов-регуляторов для впуска речной воды и выпуска ее. Дорога вдоль магистрального канала служит также границей зоны. Удобно такую зону отводить для любительского рыболовства с искусственной подсадкой рыбной молоди.

Антропогенный ландшафт может быть не менее, а более разнообразен, чем природный. При этом на антропогенном ландшафте могут быть созданы условия, более благоприятные для существования диких животных, более комфортабельные для отдыха местных жителей и приезжающих горожан.

Глава 23. ОСОБЕННОСТИ ОСУШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

23.1. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ВОДНЫХ И ТЕПЛОВЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

На территории страны имеются три зоны распространения мерзлоты: сезонная, расположенная на южной границе вечной мерзлоты; многолетняя — в северной и северо-западной части страны с избыточным увлажнением; многолетняя — в районах Центральной Якутии и Верхней Колымы с недостатком увлажнения почв. Особенностью водного режима первой зоны является то, что вода в жидком состоянии размещается в небольшом слое протаивающем за теплое время года. Мощность слоя изменяется от нескольких сантиметров на северной до 3 м и более на южной границе мерзлоты. В случаях, когда наблюдается сплошное залегание многолетней мерзлоты, особенность водного режима — отсутствие водообмена с подмерзлотными грунтовыми водами. Мерзлота служит здесь водоупором для талых вод.

Методы мелиорации переувлажненных земель определяются типом водного питания. По А. А. Богушевскому, для зоны сплошного распространения многолетней мерзлоты характерны три типа водного питания: атмосферный, намывной (склоновый, аллювиальный) и грунтовый (приток надмерзлотных вод).

Атмосферный тип формируется в следующих условиях: малые уклоны поверхности земли, исключающие своевременный поверхностный сток: отсутствие внешнего водосбора; малая глубина сезонного протаивания и малая аккумулирующая емкость почвы. Преобладание этого типа наблюдается, например, в южной части Большеземельной тундры, Обского и Енисейского Севера, где количество атмосферных осадков намного превышает отток воды и суммарное испарение.

Склоновый тип формируется там, где преобладают условия климатической достаточности притока воды с внешнего водосбора. Аллювиальный тип характерен для переувлажненных земель и болот, образовавшихся в бессточных понижениях пойм крупных рек, таких, как нижнее течение Лены, Вилюя, Хатанги, Яны, Индигирки, Колымы и Анадыря и в меньшей степени — Оби и Енисея.

При грунтовом типе наблюдается приток надмерзлотных вод со стороны внешнего водосбора. Такой тип характерен для болот и заболоченных земель в межгорных депрессиях, например в Магаданской области и юго-восточных районах Якутии — бассейне верхнего течения р. Алдан.

Особенность этой зоны осушения — обязательное применение тепловых мелиораций в сочетании с водными. Количественным обоснованием потребности в таких мелиорациях является уравнение теплового баланса, представленное в следующем виде (рис. 23.1):

$$Q_1 + (S + D) = Q_2 \pm P \pm (V + A),$$

где S и D — прямая и расчетная солнечная радиация; Q_1 и Q_2 — запас тепла в почвогрунтах в начале и конце расчетного периода; P — теплообмен расчетного слоя почвы с нижерасположенным грунтом; V — теплообмен почвы с прилегающим воздухом; A — расход тепла на испарение и приход его за счет конденсации влаги.

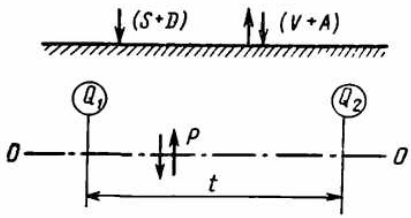


Рис. 23.1. Схема теплового баланса зоны аэрации.

Имеются два пути тепловых мелиораций: способы, задерживающие расходование тепла в корнеобитаемой зоне, и способы, убыстряющие поступление тепла в нее. Поэтому тепловые мелиорации должны, во-первых, способствовать сохранению тепла в корнеобитаемом слое, то есть

$$\Delta Q \longrightarrow \max,$$

во-вторых, уменьшать теплообмен между верхним и нижним слоями, то есть

$$P + V \longrightarrow \min,$$

в-третьих, увеличивать поступление тепла сверху, то есть

$$S + D + A' \longrightarrow \max,$$

где A' — приход тепла от конденсации.

Способы и приемы регулирования теплового режима почвы делятся на следующие группы:

агротехнические, позволяющие существенно изменять теплофизические характеристики осушаемых почвогрунтов (гребни и гряды способствуют большему поглощению солнечной энергии; глубокое рыхление увеличивает теплоемкость корнеобитаемого слоя);

агрофизические, дающие возможность уменьшать накопление холода в почве (снегозадержание, обеспечивающее увеличение температуры почвы;

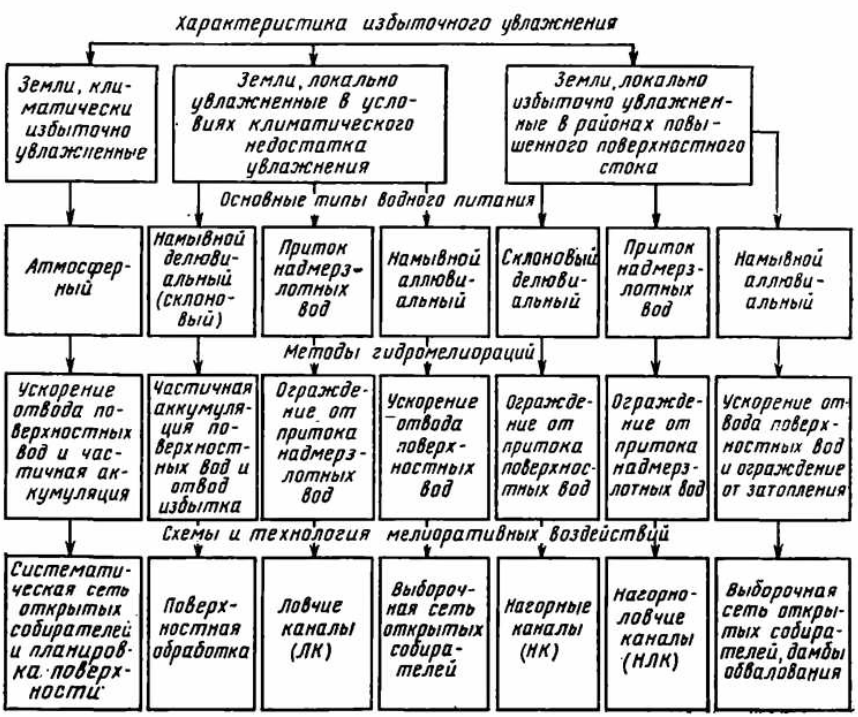


Рис. 23.2. Принципиальная схема гидромелиорации А. А. Богушевского для районов многолетней мерзлоты.

удаление снега ранней весной, ведущее к дополнительному поступлению тепла в почву; зачернение снега, позволяющее увеличивать вегетационный период на 10...15 сут);

минерализация торфяников, способствующая ускоренному их оттаиванию (внесение суглинистых почв дозой 200...1 200 м³/га увеличивает температуру пахотного слоя на 0,3...1,5 °С);

гидротехнические (дренирование повышает температуру минеральных почв, уменьшает испарение; орошение изменяет отраженную радиацию и уменьшает эффект излучения);

лесотехнические, снижающие скорость ветра, что ведет к изменению составляющих теплового баланса.

Принципиальная схема обоснования гидромелиораций избыточно увлажненных земель в районах расположения многолетней мерзлоты дана на рисунке 23.2.

23.2. ОСУШЕНИЕ СЕЗОННО-МЕРЗЛЫХ И МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВОГРУНТОВ

Для условий севера, например Магаданской области, характерны два типа сезонно-мерзлых почвогрунтов: пойменные и прибрежные. На них отсутствует термокарст. Пойменные почвогрунты характеризуются высокой водопроницаемостью гравийно-галечных, супесчаных и легкосуглинистых почв. В понижениях расположены слабоводопроницаемые суглинистые почвы. Поймы затопляются весной и летом, благодаря чему вечная мерзлота отсутствует. Наблюдается высокий уровень стояния грунтовых вод.

При мелиорации пойменных почвогрунтов осуществляют: ограждение от подтопления или затопления при половодье и летних паводках; ликвидацию застойных вод в понижениях; ускорение стока на участках со слабоводопроницаемыми почвогрунтами; восполнение недостатка влаги (в первой половине лета в Приохотской зоне и практически в период вегетации растений в Колымской зоне).

Прибрежные почвогрунты расположены на побережье Охотского моря. В них практически отсутствует гумусовый горизонт, для них характерна низкая влагоемкость и высокая водопроницаемость. Эти почвы переувлажнения не испытывают. Мелиоративные мероприятия включают засыпку понижений, выравнивание поверхности поля, повышение влагоемкости маломощного гумусового слоя путем внесения торфокомпоста.

Мерзлотные почвогрунты включают следующие разновидности: старопойменные малольдистые, минеральные и торфяные. Все они характеризуются наличием термокарста (просадка почвогрунтов в результате вытаивания подземных льдов).

Старопойменные почвогрунты расположены на низких участках надпойменных террас, сравнительно в недалеком прошлом вышедших из режима поемности. Для них характерна высокая водопроницаемость гравийно-галечниковых, супесчаных или легкосуглинистых почвогрунтов, затопление в период высоких половодий и паводков, островная вечная мерзлота и слой сезонного оттаивания 1,5...2,0 м.

Задача осушения — сброс вековых запасов избыточных вод с ликвидацией отдельных проявлений термокарста. Осушительная система включает открытую сеть каналов для сброса избыточных вод, образующихся при таянии подземного льда и подачи воды на орошение в необходимых случаях. Осуществляется засыпка отдельных просадок почвогрунтов под действием термокарста, выравнивание поверхности поля.

Минеральные почвогрунты расположены на склонах надпойменных террас. При вовлечении в сельскохозяйственный оборот в результате термокарста происходят просадки от резко выраженных локальных до повсеместных. Почвы средне- (реже тяжело-) и легко-суглинистые имеют сравнительно слабую водопроницаемость. Они нередко обладают тиксотропными плывунными свойствами. Избыточные воды находятся в виде отдельных линз подземного льда и надмерзлотной верховодки. Глубина сезонного оттаивания до 1,5 м.

Задача осушения — ликвидация вековых запасов избыточных вод, содержащихся в виде подземного льда, и приостановление термокарста при сельскохозяйственном использовании земель. При мелиорации проводят нарезку каналов, культуртехнические работы с разделкой пласта, 3—5-летние работы по вытайке подземных льдов, включающие в себя нарезку по мере оттаивания почвогрунтов (не менее трех раз за теплый период) густой сети борозд на глубину оттаявшего слоя, удаление избыточной воды из термокарстовых понижений, засыпку их и выравнивание и планировку поверхности поля осенью.

Торфяные почвогрунты располагаются на пониженных и малоуклонных участках надпойменных террас и отличаются сильным термокарстом от локального до повсеместного. Как правило, маломощная торфяная залежь слаборазложившаяся в верхнем (0,2 м) слое подстилается сильноразложившимся торфом. Торфяник подстилается супесчаными, легко- и среднесуглинистыми грунтами, нередко обладающими тиксотропными свойствами. Торфяные почвы характеризуются наличием гравитационных подпертых вод в сезонно-оттаивающем слое при таянии снега и ливнях в августе — сентябре. Избыточные запасы воды находятся в виде линз подземного льда. Наблюдается неблагоприятный температурный режим оттаявшего торфяного слоя. Глубина сезонного оттаивания не более 0,4...0,8 м.

При осушении решаются три задачи: первая — ликвидация вековых запасов избыточных вод в виде подземного льда в слое мелиоративного воздействия; вторая — ликвидация гравитационных подпертых вод в торфяной залежи; третья — улучшение температурного режима пахотного слоя. При мелиорации осуществляют нарезку сети каналов, культуртехнические работы с разделкой пласта, трех-, четырехлетние работы по вытайке подземных льдов, включающие в себя нарезку по мере оттаивания почвогрунтов (не менее трех раз за теплый период) густой сети борозд на глубину оттаявшего слоя, удаление избыточной воды из термокарстовых понижений, засыпку их, выравнивание и планировку поверхности поля осенью.

Таким образом, мерзлотные термокарстовые почвогрунты осушают в два этапа. На первом этапе в течение трех-пяти лет выполняют комплекс вышеприведенных работ по вытаиванию подземного льда из слоя мелиоративного воздействия и созданию равномерного сезонно-оттаивающего слоя. Мощность этого слоя, свободного от подземного льда, должна быть не менее глубины сезонного оттаивания освоенных почвогрунтов, примерно 60...80 см на торфяных и 80...100 см на минеральных. На втором этапе (в течение двух-трех лет) выполняют работы по восстановлению осушительной сети и нарезке при необходимости дополнительных каналов, строительству оросительной сети, дополнительному строительству дорог и гидротехнических сооружений, вытайке оставшегося подземного льда в слое мелиоративного воздействия и окончательному выравниванию поверхности полей.

23.3. ОСУШЕНИЕ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР

В Чукотском автономном округе и других районах Крайнего Севера изложенная в разделе 23.2 технология осушения и освоения мерзлотных почвогрунтов неприменима не только из-за меньшей суммы положительных температур в течение года, но и прежде всего из-за резко выраженного термокарста вследствие повышенной льдистости почвогрунтов северных равнин. Практически единственный способ создания сельскохозяйственных угодий в этих районах — осушение термокарстовых озер, тепловая мелиорация земель которых, по существу, выполнена самой природой. Основным принципом осушения земель термокарстовых озер Чукотки является воздействие на водный режим технически возможно более простыми приемами — сброс воды по одному или нескольким осушительным каналам. Осушенные земли термокарстовых озер используют под сенокосы, однако их продуктивность падает через 8...10 лет. После этого при наличии большого мелиоративного фонда целесообразнее переходить на другие своевременно осушенные озера.

Глава 24. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОСУШЕНИЯ

24.1. ОСУШЕНИЕ ЛЕСОВ И ПАРКОВ

Осушение лесов обеспечивает создание оптимального водно-воздушного режима почв, характеризующегося влажностью корнеобитаемого слоя, нормой осушения и допустимой продолжительностью затопления. Важнейшая характеристика — норма осушения (табл. 24.1), представляющая такую глубину залегания грунтовых вод, которая обеспечивает оптимальную влажность корнеобитаемого слоя для получения максимально возможной продуктивности лесных насаждений и проходимость современной техники.

24.1. Средневегетационные нормы осушения по регионам для разных пород леса и почвы

Регион	Порода	Почвы, грунты	Норма осушения, м
БССР	Ольха, береза	Низинный торф	0,2...0,3
	Сосна	Переходный торф	0,3...0,4
		Верховой »	0,3...0,7
	Ель, береза, ольха	Переходный торф	0,2...0,3
Ленинградская область	Сосна	Минеральные	0,3...0,7
		Низинный торф	0,5
		Переходный »	0,4...0,6
		Верховой »	0,4
	Ель	Минеральные	0,5...0,8
		Низинный торф	0,5
	Береза	Торфяные почвы	0,4...0,5
Латвийская ССР	Сосна	Верховой торф	0,15...0,45
		Переходный »	0,3...0,5
		Минеральные	0,4...0,8
	Ель	Низинный торф	0,3...0,6
Московская область	Сосна	Низинный торф	0,4
		Верховой »	0,3...0,4
	Ель	Низинный »	0,4
Кировская область	Сосна	Песчаные	0,7...0,9
		Переходный торф	0,6...0,8
	Ель	Суглинки	0,7...1,0
		Низинный торф	0,5...0,6
	Береза	Песчаные	0,6...0,7
		Низинный торф	0,5...0,7
Марийская АССР	Сосна	Низинный »	0,3...0,4
Удмуртская АССР Кировская область	»	Переходный »	0,4...0,5
Пермская область, Свердловская область	»	Минеральные	0,6...0,7

24.2. Норма осушения различных типов леса в год 25%-ной обеспеченности осадков вегетационного периода

Тип леса и болота	Главная порода	Возраст, лет	Норма осушения, м
Московская область (северная часть)			
Сосняк:			
сфагновый	Сосна	15	0,10...0,15
кустарничково-сфагновый	»	65	0,20...0,40
Березняк долгомошный	Береза	30	0,20...0,40
Ельник травяно-сфагновый	Ель	60	0,10...0,20
Волгоградская область (западная часть)			
Сосняк:			
переходный	Сосна	50	0,20...0,40
осоково-сфагновый бедный	»	85	0,20...0,30
осоково-сфагновый	»	80	0,25...0,40
Ельник травяно-сфагновый	Ель	190	0,30...0,55

Для расчета необходимо знать норму осушения к началу роста корней в год расчетной обеспеченности (25%) осадков вегетационного периода (табл. 24.2).

Лесоосушительной системой называется комплекс инженерных сооружений и мероприятий, которые обеспечивают создание оптимального водного режима переувлажненных земель с учетом выращиваемых пород и культур. Лесоосушительная система состоит из регулирующей, оградительной и проводящей сети, водоприемника, гидротехнических сооружений, дорожной сети, эксплуатационных сооружений, осушаемых земель. Выбор основных мероприятий, сооружений и их параметров лесоосушительных систем зависит от типа водного питания.

Тип водного питания	Основные мероприятия, сооружения и их параметры
	Регулирующая сеть
Атмосферный и грунтовый	Открытые осушители и закрытые дрены. Открытые осушители — систематическая сеть параллельных каналов, расположенных поперек потока поверхностных и грунтовых вод (поперечная схема) или параллельно им (продольная схема). Минимальный уклон дна 0,0003, максимальный — до появления размывающих скоростей. Длина 700...1500 м. Ширина по дну 0,2...0,4 м. Глубина 0,6...1,5 м. Заложение откосов зависит от типа грунта и глубины канала. Расстояния между ними зависят от нормы осушения и района работ. Закрытые дрены различают по характеру их изготовления и материала. Минимальная глубина заложения дрен 1,1 м в торфах после осадки и 1,0 м в минеральных грунтах. Длина дрен зависит от уклона и составляет при уклоне 0,003—200 м; 0,005—250 м; 0,01—300 м. Максимальная длина до 400 м. Расстояния между дренами устанавливают расчетом и проверяют фактическими данными существующих лесоосушительных систем

Продолжение

Тип водного питания	Основные мероприятия, сооружения и их параметры
Грунтово-напорный	Ловчие каналы (дрены) применяются, если кровля напорного водоносного пласта залегает на глубине менее 4 м. Глубина каналов и дрен до 2,5...3 м. Выходы напорных вод засыпают камнем или каптируют трубами. Систематическая сеть открытых каналов (глубина до 1,8...2,5 м). Разгрузочные скважины диаметром до 10 см, заглубленные в напорный водоносный горизонт и выведенные в каналы или дрены при расстоянии между ними 30...100 м. Вертикальный дренаж
Намывной и склоновый	Так как эти типы водного питания обычно сочетаются с атмосферным и грунтовым, применяют вышеуказанные комплексы, дополняемые дамбами обвалования и нагорными каналами
	Оградительная сеть
Приток поверхностных и грунтовых вод	Нагорные каналы имеют глубину обычно до 1...1,2 м, длину от 200...500 м до нескольких километров, уклон не менее 0,0003. Кавальеры только с низовой стороны. Верхний откос более пологий — от 1 : 5 до 1 : 10. Нагорные каналы иногда совмещают с ловчими, образующими нагорно-ловчие каналы. Ловчие каналы (дрены устраивают в зоне наиболее высокого их стояния). Дно и откосы обычно крепят. Диаметр ловчих дрен 75...100 мм. При глубине более 2...2,5 м и слабых грунтах применяют параболическую форму поперечного сечения, в остальных случаях — трапецеидальную
	Проводящая сеть
Все типы	В большинстве случаев сеть открытая, иногда закрытая. Состоит из магистральных каналов, транспортирующих собирателей, водоотводных борозд. Сеть в основном прямолинейная с минимальным числом поворотов. Проводят ее по минимальным отметкам местности с учетом минерального дна болот. Размеры поперечных сечений определяют гидравлическим расчетом. Каналы глубиной до 3 м делают обычно трапецеидальными, что облегчает их крепление, более глубокие — параболическими. Скорость воды в песчаных руслах 0,4...0,7 м/с, в торфяных и суглинистых — 0,7...1,0 м/с. Минимальный уклон дна 0,0005, в порядке исключения в очень крупных каналах до 0,0002. При необходимости откосы русла крепят одерновкой, хворостяным плетнем, бетонными, керамзитобетонными плитами и другими материалами. Временно затопляемые и сухие откосы крепят посевом трав
	Водоприемник
Все типы	Обычно это реки, озера, моря, овраги, балки, карстовые воронки, хорошо водопроницаемые слои грунта и др. Основные виды работ по регулированию — спрямление русла, расчистка и углубление, выправительные работы в русле

Продолжение

Тип водного питания	Основные мероприятия, сооружения и их параметры
	Гидротехнические сооружения
Все типы	Обычно это устьевые сооружения элементов осушительной сети, смотровые колодцы закрытой сети, шлюзы-регуляторы, мосты, трубы, сопрягающие сооружения (быстротоки, перепады), поглотительные колодцы, насосные станции и др.

С учетом природных и экономических условий выделяют четыре категории осушаемых лесных земель, отличающихся различной степенью осушения, объемом капитальных вложений и интенсивностью использования. По категориям осушаемые земли распределяются следующим образом: первая категория — парки, лесопарки, курортные и рекреационные зоны; вторая — леса I и II групп в малолесных районах с преобладанием лесного хозяйства; третья — леса II и III групп в многолесных районах; четвертая — леса III группы, имеющие чисто эксплуатационное значение.

Осушение по нормам для достижения максимальной продуктивности можно рекомендовать в основном в первой категории земель и частично — во второй.

Переувлажненные лесные земли подразделяют по эффективности осушения с учетом типов леса и условий его произрастания на группы (табл. 24.3).

24.3. Характеристика лесов по результативности осушительных работ

Группа эффективности и результаты осушения	Основной тип леса, условия произрастания	Преобладающая глубина торфа, м
I. Весьма высокие. Годовой дополнительный прирост древесины 4...6 (10) м³/га	Сосняки, ельники, кедровники и смешанные леса на низинных и переходных болотах:	
	разнотравные и осоково-тростниковые	0,3...0,6
	осоково-сфагновые	0,6...1,0
II. Высокие. Годовой дополнительный прирост:		
до 3 м³/га	Черноольшаники на низинных болотах, травяно-сфагновые	0,6...1,0 и более
2...3 (4) м³/га	Сосняки, ельники, кедровники и смешанные леса на переходных болотах и на верховых в начальной стадии заболачивания	
	долгомошно-сфагновые	0,3...0,6 и более
	долгомошно-сфагновые, сфагново-пушициевые, сфагново-кустарниковые	0,3...0,6 и более
III. Умеренные. Годовой дополнительный прирост до 1...2 м³/га	Сосняки сфагновые на верховых болотах с зольностью торфа менее 2...3%	Более 1,0, очес
IV. Слабые	Хвойные и смешанные леса на неторфованных почвах	0,3...0,5 —

При оценке мелиоративного фонда учитываются также бонитет и возраст лесонасаждений.

Осушительные мелиорации проводят в основном в лесах I группы, ограниченно II, а также в районах интенсивных лесозаготовок в лесах III группы.

В лесах III и IV группы, а также частично II группы осушение проводят только с помощью проводящей сети в сочетании с дорожным строительством, противопожарными мероприятиями и последующими лесокультурными работами.

Расстояние между осушителями устанавливают в зависимости от типов леса и климатических условий местности. Рекомендуемые расстояния между осушителями глубиной 1 м после осадки грунта для основных типов леса и болот приведены в таблице 24.4. На карте изолиния этих расстояний проходит примерно через геометрические центры Псковской области, Мордовской АССР, Курганской области и Эстонской ССР.

Расстояния между дренами даны для самых неблагоприятных условий — при наличии тяжелых грунтов под торфом. При подстилании торфа крупнозернистым песком эти расстояния увеличивают на 50...130 м, а другими грунтами — на 20...70 м. При уклонах поверхности более 0,002 их увеличивают на 5...15%.

При грунтово-напорном водном питании расстояния между осушителями уменьшают на 20...30%.

При осушении зеленых зон городов и промышленных центров указанные в таблице 24.4 расстояния умножают на коэффициент 0,75...0,80, а лесопарков — 0,65...0,7.

Для других районов расстояния определяют по формуле $B = KB_т$, где K — поправочный коэффициент; $B_т$ — расстояние между осушителями по таблице 24.4. Поправочный коэффициент для расчета расстояний между осушителями составляет 0,68...0,7 для Архангельской, Камчатской, Тюменской областей, Красноярского края, Якутской АССР, 1,01...1,05 для центра европейской части РСФСР и 1,26....1,3 для Львовской, Закарпатской областей УССР.

Длину осушителей принимают в основном 500...1 000 м, при пересеченном рельефе допускается уменьшение до 200 м, а при больших уклонах — увеличение до 1 500 м. Осушители проектируют так, чтобы они размещались в пределах квартала и не пересекали квартальные просеки. Остальные тре-

24.4. Рекомендуемые расстояния между осушителями глубиной 1 м

Тип леса и болота	Расстояния (м), соответствующие	
	максимальной продуктивности	максимальной рентабельности и оптимальной хозяйственной деятельности
Болота		
Сосняк на болоте:		
верховом	40	80
переходном	60	120
Болотные леса		
Сосняк:		
сфагновый	55	110
травяно-сфагновый	70	120
травяной	80	160
Ельник:		
травяно-сфагновый	60	100
травяной	75	150
Заболоченные леса		
Сосняк долгомошный	80	160
Ельник долгомошный	65	120

бования те же, что и к открытым каналам в сельскохозяйственной мелиорации.

Закрытый дренаж предусматривают только при осушении лесопарков и лесопитомников. Болотные сенокосы при использовании их в естественном состоянии осушают только экстенсивно, по нормам осушения лесов (расстояние между каналами 100...200 м), в целях сохранения естественного травостоя.

Закрытые дрены делают из керамических, деревянных и других труб. Их выводят в закрытые или открытые коллекторы длиной 60...1 000 м. Глубину дрен принимают 0,8...1 м при атмосферном и 1...1,5 м при грунтовом водном питании. Расстояние между дренами составляет 20...60 м (до 100...150 м) на низинных и 8...20 (до 40 м) на верховых болотах.

В дополнение к сети осушителей обязательно проектируют борозды для сброса воды из мелких понижений. Размещают их через 15...50 м. Глубина борозды 0,3...0,7 м, длина 160...200 м. Через кавальеры и отвалы обязательно устраивают прорези, так называемые воронки.

24.2. ОСУШЕНИЕ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Торфяное месторождение осушают с целью создания оптимального водного режима в зоне выработки промышленных запасов торфа. При этом сбрасывают из торфяной залежи избыточные запасы воды и ограничивают поступление на территорию торфяного месторождения поверхностных и грунтовых вод с прилегающей территории. В результате осушения уменьшается средняя влажность торфяной залежи до эксплуатационного значения, понижается уровень грунтовых вод, уплотняется торфяная залежь, повышается выход воздушно-сухого торфа и создаются условия для прохождения торфяных машин, в том числе машин по подготовке площадей, производству и транспортированию торфа, а также для более полной выработки промышленных запасов.

Уменьшения влажности торфяной залежи и понижения уровня грунтовых вод достигают с помощью осушительного действия только открытых каналов или открытых каналов в сочетании с закрытыми дренами. Осушительные системы состоят из каналов, отводящих воду в водоприемники (магистральных, валовых, коллекторных и карьерных), регулирующих поверхностный сток и уровень грунтовых вод (осушителей) — пионерные и картовые каналы, закрытые дрены, нагорные, ловчие и редкие глубокие каналы.

На осушительной сети при необходимости сооружают защитные валы и дамбы, перепады, быстротоки, шлюзы, насосные станции, мосты, трубы-переезды.

Магистральные каналы предназначены для отвода воды от валовых и коллекторных каналов в водоприемники. Их прокладывают по тальвегам поверхности и дна месторождения по возможности прямолинейно. Размеры каналов определяют гидравлическим расчетом. При необходимости очистки воды перед сбросом в водоприемник на магистральных каналах строят очистные сооружения (отстойники).

Валовые каналы служат для транспортирования воды от осушителей в магистральные каналы или непосредственно в водоприемники. В плане их прокладывают преимущественно под прямым или близким к нему углом к магистральному каналу.

Карьерные каналы прокладывают на участках торфяного месторождения, разрабатываемых экскаваторным способом. Они предназначаются для отвода воды из разработанных карьеров и картовых каналов.

Картовые каналы служат для сброса воды с производственной площади и отвода ее в валовые и карьерные каналы. Картовые каналы имеют стандартные размеры. Их прокладывают перпендикулярно к валовым и карьерным каналам. При фрезерном способе разработки торфа картовые каналы длиной 500 м и более соединяют с валовыми каналами обоими концами. При

24.5. Элементы осушительных систем (сетей) при фрезерном и экскаваторном способах разработки торфа

Способ разработки	Осушительная система (сеть)	
	открытая	комбинированная
Фрезерный	Магистральные каналы Валовые каналы Картовые каналы Нагорные и ловчие каналы	Магистральные каналы Валовые каналы Картовые каналы Дрены Нагорные и ловчие каналы
Экскаваторный	Магистральные каналы Карьерные каналы Картовые каналы Нагорные каналы	— — —

меньшей длине вода из картовых каналов может сбрасываться в одну сторону.

Пионерные каналы сооружают по трассам магистральных и валовых каналов на стадии предварительного осушения торфяного месторождения.

Редкие глубокие каналы предназначаются для перехвата грунтового потока и создания пластового дренажа в ложе торфяной залежи. Размеры редких глубоких каналов и расстояния между ними определяются фильтрационным и гидрологическим расчетами.

Закрытые осушители-дрены прокладывают при разработке торфа фрезерным способом для понижения уровня грунтовых вод и отвода их из торфяной залежи в валовые каналы. Дрены представляют щели глубиной до 2,5 м и шириной 150 мм, закрытые сверху на глубине 0,25...0,3 м для предохранения от разрушения. По дну щели может прокладываться перфорированная труба диаметром 40 мм.

Нагорные каналы прокладывают по границам осушаемой площади и служат для улавливания поверхностных вод с внешних водосборов. Размеры нагорных каналов определяют гидравлическим расчетом.

Ловчие каналы предназначаются для перехватывания грунтовых вод при грунтовом и напорно-грунтовом питании месторождения и прокладываются по линии выклинивания или наиболее близкого залегания водоносных горизонтов. Размеры ловчих каналов устанавливаются гидравлическим расчетом по дебиту грунтовых вод.

При фрезерном и экскаваторном способах разработки торфа элементы осушительных систем (сетей) показаны в таблице 24.5, а расстояния между каналами и эксплуатационная глубина их — в таблице 24.6.

Форма поперечного сечения валовых каналов и картовых каналов с расходом до 10 м³/с в торфяном грунте — трапецеидальная, в слоистых грунтах — полигональная, а с расходом 10 м³/с и более ниже расчетного уровня воды — параболическая, выше — трапецеидальная.

Ширина картовых каналов по дну принимается 0,2...0,3 м в зависимости от размеров ковша экскаватора. Ширина по дну всех других каналов с расчетным расходом 0,15 м³/с и более определяется гидравлическим расчетом, но должна быть не менее 0,5 м.

Коэффициенты заложения откосов картовых каналов в торфяном грунте составляют 0,25...0,35, валовых каналов в торфяном грунте — 0,5, коэффициенты магистральных каналов принимают по таблице 24.7.

В слабых, малоустойчивых, оплывающих грунтах предусматривается крепление откосов каналов.

Магистральные, валовые каналы и картовые каналы и дрены сопрягаются между собой под прямым углом, а магистральные каналы с водоприемником — под углом 45...60°. При этом радиус закругления магистрального канала принимают не менее пятикратной ширины канала по урезу воды.

Предельное положение расчетного уровня воды принимается в магистральных каналах на 0,4 м выше дна валовых каналов, валовых каналах на

24.6. Параметры осушительной сети для разработки торфа

Каналы и дрены осушительной сети	Расстояние (м) между каналами			Эксплуатационная глубина (м)		
	способ разработки торфа					
	фрезерный	экскаваторный	мелкокусковый щелевым фрезерованием	фрезерный	экскаваторный	мелкокусковый щелевым фрезерованием
Магистральные	По проекту			По проекту		
Валовые	500...1000	—	300	2,5	—	2,5
Карьерные	—	По расчету	—	—	1,8...2	
Картовые на залежи:						
верхового типа	20	20...30	30	1,8	1,2...1,4	1,7...1,8
переходного типа	20...40	40...50	40	1,8	1,2...1,4	1,7...1,8
низинного типа	40	50	—	1,7...1,8	1,2...1,4	1,7...1,8
Дрены:						
на залежи верхового и переходного типов	7...10	—	—	До 2,5	—	—
на залежи низинного типа	10...20	—	—	До 2,5	—	—

Примечание. Глубина приведена для картовых каналов, проходящих в торфяном грунте, заглубление картовых каналов в минеральный грунт не должно превышать 0,5 м. Глубина валовых каналов, предназначаемых для хранения запасов воды на противопожарные цели, увеличивается на 0,6 м.

0,2 м ниже дна картовых каналов, редких глубоких каналах на 0,3 м выше дна магистрального канала, в нагорных каналах на 0,1 м выше нижней бровки.

Расчетную глубину заполнения магистральных каналов принимают 0,6...0,7 м, валовых каналов — 0,5...0,8 м, нагорных и ловчих каналов — 0,6...1,5 м.

Уклон дна каналов принимают по таблице 24.8, причем картовые каналы прокладывают по уклону поверхности. Допускается некоторое увеличение уклона по течению.

24.7. Коэффициент заложения откосов магистральных каналов

Характеристика торфа	Под водой	Над водой
Верховой мало- и среднеразложившийся (15...25%)	0,5...1	0,5...0,75
Верховой хорошо разложившийся (26...40%)	1...1,25	0,75...1
Низинный топяной средне- и хорошо разложившийся (20...40%)	0,75...1,25	0,5...0,75
Низинный лесной (20...40%)	1,0...1,5	0,75...1

24.8. **Уклон дна каналов**

Каналы и дрены	Минимальный	Максимальный
Магистральные	0,0003	0,001
Валовые и карьерные	0,003	0,005
Нагорные и ловчие	0,0003	0,002
Дрены	0,001	0,002

Максимальные скорости течения воды в каналах, при которых не наблюдается размыва откосов установлены СНиП II-52—74. Для предупреждения заиливания, осаждения из потока песка и зарастания дна и откосов травой скорости течения воды не должны быть ниже соответственно 0,2; 0,4 и 0,6...0,8 м/с.

Торфяные месторождения для разработки фрезерным способом осушают в две стадии: на первой осуществляется предварительное и на второй — эксплуатационное осушение. Предварительное осушение создает условия для прокладки сети эксплуатационного осушения и развертывания работ по подготовке производственных площадей. На второй стадии все элементы осушительной сети доводятся до проектных размеров и создаются нормальные условия для производства торфа.

Создание сети эксплуатационного осушения должно заканчиваться на месторождениях низинного типа не позднее чем за 1 год, переходного и верхового типов не менее чем за 2 года до начала эксплуатации производственной площади.

Все торфяные месторождения по условиям осушения разбивают на две категории. К первой относятся месторождения при влажности до 91% и мощности верхнего слоя слаборазложившегося торфа до 0,5 м, а ко второй — при влажности более 91% и мощности того же слоя более 0,5 м.

Состав работ при предварительном осушении и сроки их проведения даны в таблице 24.9.

24.9. **Состав и сроки проведения осушительных работ**

Категория месторождения	Состав работ	Сроки проведения
Первая	Регулирование водоприемника	В течение года
	Устройство защитных дамб	
	Рытье нагорных и ловчих каналов	
	Рытье пионерных каналов глубиной 1,4 м по трассам магистральных и валовых каналов	
Вторая	Все работы, проводимые на месторождениях первой категории	
	Первое углубление пионерных каналов до 1,8 м на трассах магистральных каналов и до 1,6 м на трассах валовых каналов	Через шесть месяцев после прорытия пионерных каналов
	Рытье картовых каналов глубиной 1,2 м через 10...20 м	После первого углубления пионерных каналов
	Второе углубление пионерных каналов до 2,2 м	Через шесть месяцев после первого углубления
	Углубление картовых каналов до 1,4 м через каждые 20 м	После второго углубления пионерных каналов

24.3. ОСУШЕНИЕ АЭРОДРОМОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

Осушение летных полей предусматривает своевременный и быстрый отвод избыточных вод с площадок аэродромов для предупреждения раскисания и размокания поверхности летных полей и обеспечения требуемой их несущей способности.

Проект осушения аэродромов составляется на основе изыскательских материалов и должен включать: план аэродрома с горизонталями 0,25...0,50 м в масштабе не менее 1 : 5 000; гидрогеологические разрезы.

Для осушения аэродромов устраивают сеть закрытых собирателей (минимальный диаметр 75 мм) для отвода атмосферной воды (табл. 24.10), дренаж для понижения уровня грунтовых вод (табл. 24.11), нагорные, ловчие каналы или дамбы обвалования для защиты летного поля от притока извне.

24.10. Расстояние (м) между закрытыми собирателями

Почвогрунты	Уклоны поверхности				
	0,002 0,003	0,005	0,01	0,02	0,025
Глины, тяжелый суглинок	6...8	8...10	10...12	14...16	18...20
Средний суглинок	8...10	12...14	16...18	20...22	24...26
Супесь	12...14	16...18	20...22	24...26	28...30

24.11. Расстояние между дренами и глубина заложения дрен

Почвогрунты	Расстояние между дренами, м	Глубина заложения дрен, м
Глина	4...6	1,2...1,3
Суглинок:		
тяжелый и средний	6...8	1,1...1,3
легкий	8...10	1,2...1,3
Супесь	10...12	1,1...1,2
Песок:		
пылеватый	12...15	1,1...1,2
средний	15...17	1,1...1,2
крупный	17...20	0,9...1,0

24.12. Рекомендуемые длины и уклоны элементов осушительной сети

Элементы осушительной сети	Оптимальные		Максимальные	
	длина, м	уклон	длина, м	уклон
Закрытый коллектор	1 000	0,005...0,01	1 500	0,025
Проводящий собиратель	200	0,002...0,05	250	0,01
Закрытый собиратель	100	0,005...0,01	150	0,015
Дрена	100	0,01	150	0,01
Нагорный или ловчий канал	Не лимитируется	0,003...0,005	Не лимитируется	0,008
Магистральный канал	Не лимитируется	0,001...0,002	То же	0,008

Коэффициент заложения откосов с креплением нагорных и ловчих каналов в тяжелых и средних суглинках и глинах составляет 1,0...1,5, крупных песках — 1,0...2,0, мелкозернистых песках — 1,5...2,0.

Рекомендуемые длины и уклоны элементов осушительной сети приведены в таблице 24.12.

24.4. ОСУШЕНИЕ СПОРТИВНЫХ ПЛОЩАДОК И СТАДИОНОВ

Спортивные площадки и стадионы с травяным покрытием осушают горизонтальным дренажем, закладываемым на глубину 0,7...1 м.

В плане дренажная сеть представляет закрытые собиратели, размещенные по всему полю с расстояниями между ними 5...12 м. При большой разнице в фильтрационных свойствах почв иногда устраивают выборочный дренаж. Дрены прокладывают с уклоном 0,003...0,004 к сборному коллектору, из которого вода сбрасывается в ливневую канализацию (рис. 24.1). Закрытые собиратели делают из дренажных труб диаметром 50 и 60 мм или в виде траншей, заполненных щебнем или гравийно-галечниковой смесью.

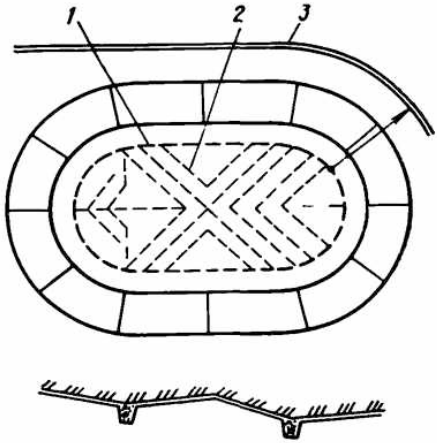


Рис. 24.1. Схема дренажа стадиона: *1* — сборный дренажный коллектор; *2* — дрены-осушители; *3* — ливнесток.

Водно-воздушный и тепловой режимы на спортивных площадках и стадионах можно регулировать вакуумным и вентиляционным дренажом трубчатого типа или в виде пористых фильтрующих плит с цилиндрическими полостями, через которые отбирается вода и осуществляется водяной или воздушный обогрев площадки.

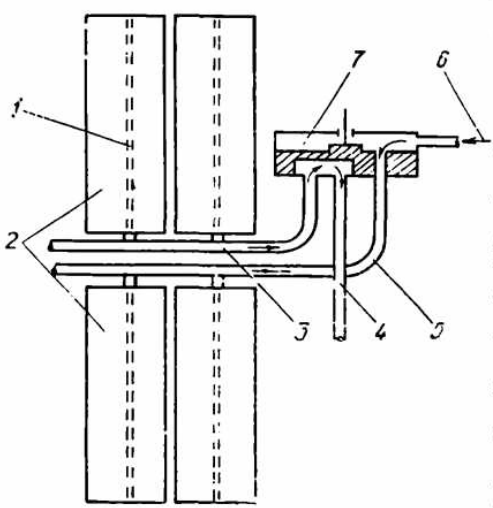


Рис. 24.2. Схема осушительно-увлажнительной системы в теплице:

1 — трубчатая дрена; *2* — стеллажи; *3* — трубопровод-коллектор сбора воды; *4* — водосбросная труба; *5* — трубопровод-коллектор для подачи воды; *6* — подача воды от насоса; *7* — распределитель.

24.5. ОСУШЕНИЕ ТЕПЛИЦ

Дренажные системы в теплицах применяются для регулирования водного режима почвы или субстрата, на котором возделываются растения. Обычно они совмещают в себе функции осушительной и увлажнительной (оросительной) сети.

В грунтовых теплицах оросительно-дренажная сеть состоит из нескольких параллельных дренажных труб диаметром 63...75 мм, укладываемых на глубину примерно 25 см с уклоном 0,003. Расстояния между дренами-увлажнителями 0,5...0,7 м. В качестве дренажных труб применяют керамические, пластмассовые, трубы из пористого бетона, трубофильтры из пороэласта.

В стеллажных теплицах трубы укладывают непосредственно на дно стеллажа в один ряд (при ширине стеллажа 80...86 см) или

в два ряда (при ширине стеллажа 150...160 см). Возможно устройство дренажа в виде закрытых каналов или канавок, перекрываемых шифером. Уклон дренажа 0,003...0,005 к защитно-контрольной коробке, расположенной в пониженной части стеллажа, куда вода из канавок или дренажных труб выводится по трубопроводу. Обычно по этой же системе подается питательный раствор (рис. 24.2).

24.6. КОЛЬМАТАЖ

Наряду с перечисленными выше методами мелиорации пойм и низменностей (самотечное осушение или польдерное) можно использовать также метод повышения поверхности земли путем кольматирования — осаждения речных наносов или разжиженного грунта, подаваемого средствами гидромеханизации.

Для осаждения наносов, содержащихся в паводковой речной воде, воду из реки подают на разделенную дамбами площадь (чеки, бассейны). Гребни дамб должны быть на 0,5 м выше уровня воды в бассейне. Предварительно на кольматируемой площади раскорчевывают лес, кустарник, убирают пни, а также снимают почвенный слой и складируют его за пределами намываемой площади.

Кольматирование территории речными наносами может осуществляться непрерывно или периодически..

При непрерывном способе кольматирования подаваемая в бассейн вода должна иметь очень малую скорость, в результате чего содержащиеся в ней наносы осаждаются на дно бассейна. Общая продолжительность кольматирования равна

$$T = \frac{\Omega h \gamma}{\Sigma (Ql)\, \rho \alpha},$$

где Ω — площадь участка; h — требуемое среднее повышение его поверхности; γ — масса единицы объема осаждаемых наносов; ρ — мутность напускаемой речной воды; Q — расход воды, проходящей через кольматажные бассейны; t — продолжительность паводков в году; α — коэффициент поправки, так как не все наносы осаждаются на дно бассейна.

Для осаждения в бассейне частиц определенного диаметра необходимо условие: $w > u$, где w — гидравлическая крупность частиц, $w = 36\sqrt{d}$; d — диаметр частиц; u — вертикальная составляющая скорости течения, $u = \alpha v$; v — средняя скорость потока; α — коэффициент, равный 0,10...0,05.

Расстояние, проходимое частицей в бассейне до осаждения ее на дно, равно $l = vH/w$, где H — глубина бассейна, причем длина бассейна должна быть более l.

При периодическом кольматировании вода стоит в бассейне от 12 ч до 2 сут. За это время наносы осаждаются на дно бассейна, после чего осветленная вода отводится самотеком в реку, а новая порция мутной воды подается в бассейн и процесс кольматирования продолжается.

При непрерывном и периодическом кольматировании отметки поверхности земли повышаются за год на 0,5...10,0 см, а при наиболее благоприятных обстоятельствах — на 25...30 см.

Способ кольматирования речных наносов применим только на реках с большими скоростями течения воды и значительным содержанием наносов.

Разжиженный грунт можно намывать средствами гидромеханизации мониторным или рефулерным способом.

При мониторном способе струей воды со скоростью 20...60 м/с размывают грунт в карьере. Далее разжиженный грунт (пульпа) самотеком по каналам или лоткам подается в замываемые понижения, где из пульпы осаждаются частицы грунта, а осветленная вода отводится в реку.

При этом способе производства работ требуется большое количество воды: 5...14 м³ воды на 1 м³ разрабатываемого грунта. Вода подается временными насосными станциями, подачу (м³/с) которых определяют по формуле

$$Q_в = qVk_{нер}/Tk_в,$$

где q — объем воды, требуемый для перемещения 1 м³ грунта, м³; V — объем выемки, м³; T — срок производства работ по плану, ч; $k_в$ — коэффициент использования рабочего времени (0,7...0,9); $k_{нер}$ — коэффициент неравномерности (1,1...1,2).

Число гидромониторов рассчитывают по формуле

$$N = KQ_в/Q_{гм},$$

где $Q_{гм}$ — расход воды одного гидромонитора, м³/с; K — коэффициент, учитывающий условия производства работ, изменяется от 0,27 до 1,08.

Насосы на насосной станции подбираются по требуемому расходу и напору воды.

При рефулерном способе грунт разрабатывают плавучими земснарядами из-под воды (обычно со дна реки), затем разжиженный грунт (пульпа) под напором по трубопроводам подается к месту кольматирования.

Территорию, подлежащую намыву, сначала ограждают со всех сторон дамбами обвалования высотой 1,0...1,5 м (при толщине намываемого слоя до 2 м), затем делят ее на несколько поочередно замываемых карт. Для создания более ровной намываемой поверхности используют способ торцевого намыва пульпы с помощью веерного распределителя, представляющего поворотную распределительную трубу, соединенную гибким патрубком с подводящим пульпопроводом. При намыве грунта с торцевой или рассредоточенной подачей пульпы высота намываемого слоя может достигать 5 м и более.

На пылеватых и лессовых грунтах намыв рекомендуется проводить чековым способом. При этом способе пульпа подается по трубам и разливается поочередно по чекам слоем 50...60 см. При подаче пульпы, содержащей 15...20% грунта, высота слоя намыва (после отстоя) составляет 7...10 см.

При необходимости повышения отметок поверхности почвы торфяных болот целесообразно предварительно с помощью экскаваторов прорыть ряд параллельных каналов (с уклоном в сторону водоприемника) с отсыпкой торфа между каналами в виде дамб. Затем карты между дамбами замывают минеральным грунтом из реки слоем 2...5 м. После окончания намыва выступающие части торфяных дамб разравнивают по намытой поверхности бульдозером, создавая тем самым плодородный слой почвы, причем замытые дамбы из торфа выполняют роль дренажа рекультивируемых площадей, в результате чего отпадает необходимость в строительстве закрытого дренажа.

Намыв площадей рефулерным способом является наиболее эффективным, так как наряду с высокой скоростью кольматирования одновременно происходит углубление русла реки, и следовательно, увеличение ее пропускной способности.

* * *

К специальным видам осушения с некоторой условностью относят дренаж орошаемых земель, устраиваемый в основном для борьбы с их засолением. Этот вид осушения рассмотрен в томе «Орошение».

Глава 25. ОСОБЕННОСТИ ОСУШЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ДОРОГ

25.1. ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ И ПОДТОПЛЕНИЯ ПРИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

При строительстве перегораживающих речных сооружений изменяется режим водотоков и водоемов вследствие их регулирования для хозяйственных целей плотинами, выправительными гидротехническими сооружениями и т. п. При подъеме уровней воды в реках затапливаются временно или постоянно (при создании водохранилищ) прилегающие территории, образуя зону затопления. Одновременно на этих территориях возникает подпор грунтовых вод, вследствие чего образуется зона подтопления.

Населенные пункты, промышленные объекты, сельскохозяйственные земли, и другие объекты, расположенные в зонах затопления и подтопления, для нормальной их эксплуатации нуждаются в защитных инженерных мероприятиях. Чтобы определить необходимость защиты и состава защитных мероприятий, выполняют прогнозы изменения уровня грунтовых вод в результате гидротехнического строительства.

Граница зоны затопления проводится по горизонтали поверхности, соответствующей нормальному подпорному уровню — НПУ водохранилища (при постоянном затоплении), или по максимальному уровню 1%-ной обеспеченности паводка на реках или максимальных попусков в нижние бьефы гидроузлов (при временном затоплении).

Границы зоны подтопления определяют на основе фильтрационных расчетов, которые могут быть выполнены методами моделирования на аналоговых вычислительных машинах (ЭГДА и др.) или по аналитическим зависимостям. При моделировании получают на рассматриваемой площади (в плане) изолинии равных потенциалов, по которым в местах пересечения с бытовыми гидроизогипсами получают прогнозные уровни грунтовых вод после подпора.

При использовании аналитических методов прогнозные уровни грунтовых вод получают по основным полосам тока (в разрезе) по зависимостям, приведенным в таблице 25.1.

Для защиты от затопления применяется обвалование территорий дамбами. Различают обвалование непрерывными дамбами и по участкам, которые применяют в зависимости от природных условий (табл. 25.2).

По условиям работы различают дамбы незатопляемые, предназначенные для постоянной защиты сельскохозяйственных земель и населенных пунктов, и затопляемые, сохраняющие естественные условия весеннего затопления пойм и предотвращающие затопление в период сельскохозяйственных работ летом.

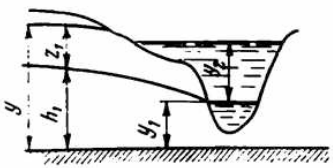
Защита территорий от подтопления осуществляется дренажем, прокладываемым вдоль берега, который нивелирует подпор грунтовых вод высокими уровнями воды в водохранилище или реке. Если пласт сложен галечниками с коэффициентом фильтрации более 100 м/сут, то для уменьшения притока воды к береговой дрене дополнительно устраивают противофильтрационную завесу между берегом и линией дренажа. На широких территориях выполняют двухлинейные дренажи. В конструктивном отношении береговые дренажи могут быть горизонтального, вертикального и комбинированного типа.

25.1. Схемы и формулы для определения подпора грунтовых вод

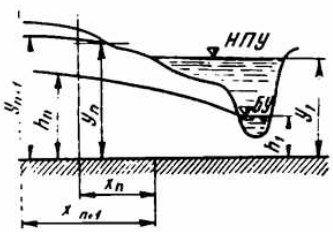
Расчетная схема	Формула и автор

Установившийся подпор грунтовых вод (при постоянном затоплении)

По Г. Н. Каменскому



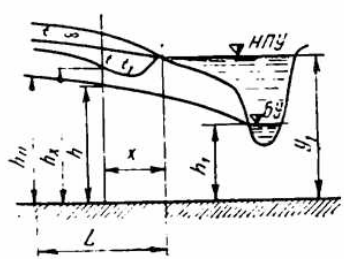
$$y = \sqrt{\frac{l}{L}(h_1^2 - y_1^2) + (y_1 + y_2)^2}$$



От сечения к сечению по Н. Н. Биндеману

$$y^2_{n+1} = h^2_{n+1} + (y^2_n - h^2_n)\frac{L - x_{n+1}}{L - x_n}$$

Неустановившийся подпор грунтовых вод (при временном затоплении)

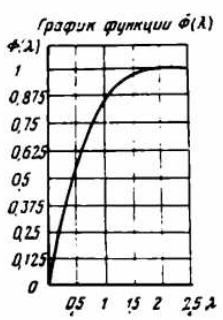


$$h_x = \sqrt{h^2 + (y_1^2 - h_1^2)[1 - \Phi(\lambda)]},$$

$$\lambda = x \Big/ \left(2\sqrt{\frac{k}{\mu} H_{ср} t}\right)$$

Во время фильтрации из водохранилища

$$H_{ср} = (2y_1 + h_1)/3$$

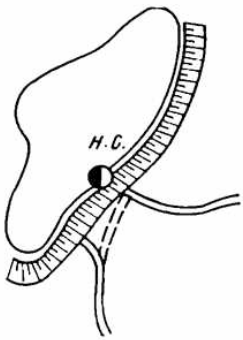
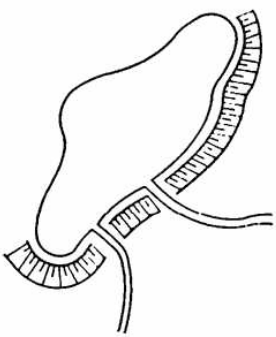


После прекращения фильтрации

$$H_{ср} = (y_1 + h_n)/2,$$

t — время; k — коэффициент фильтрации; μ — коэффициент водоотдачи; L_n — расстояние до сечения, где выклинивается подпор. Остальные обозначения на схемах.

25.2. Виды и условия обвалования территорий

Вид обвалования	Схема	Условия применения
Непрерывная дамба вдоль всего берега защищаемой территории		Ровный рельеф; отсутствие водотоков, впадающих в водохранилище; расход водотоков, впадающих в водохранилище незначителен и может быть переброшен в него перекачкой
Прерывистая дамба на отдельных участках берега защищаемой территории		Волнистый рельеф; наличие оврагов, водотоков, впадающих в водохранилище, перекачка которых экономически нецелесообразна

Рациональное расположение дренажа в плане и в разрезе (глубина), его длина и конструктивный тип выбираются на основе фильтрационных расчетов, в результате которых определяется расход дренажных вод и положение депрессионной поверхности. Для наиболее часто встречающихся случаев рекомендуются формулы, приведенные в таблице 25.3.

25.2. ОСУШЕНИЕ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

Дорожное полотно осушают для предотвращения переувлажнения его основания инфильтрующейся водой через швы дорожного покрытия, а также для отвода грунтовых вод из грунтового основания.

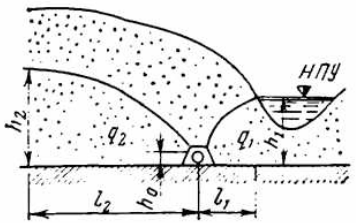
Основная система осушения земляного полотна автомобильных дорог представляет дренажные слои, прокладываемые под покрытием дороги, из которых вода сбрасывается через продольные, поперечные трубчатые дрены или воронки (рис. 25.1).

Дренажные слои состоят из песка, и поэтому в пучинистых грунтах одновременно предотвращают пучение.

При проектировании дренажных слоев используют два метода — осушения и поглощения. Первый метод основан на принципе удаления всей инфильтрационной воды, поступающей в дренажный слой; второй — лишь той

Расчетная схема	Формула и автор

Горизонтальный дренаж



Расчет при заданном напоре на контуре питания

Дренаж совершенного типа

Расход на 1 м дренажа по Дюпюи:

$$Q = q_1 + q_2 = \frac{(h_1^2 - h_0^2)\,k}{2l_1} + \frac{(h_2^2 - h_0^2)\,k}{2l_2}.$$

Депрессионная кривая:

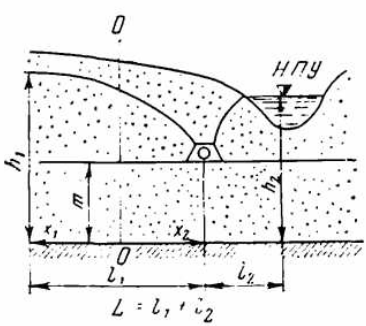
$$h_{x_1} = \sqrt{\frac{x}{l_1}(h_1^2 - h_0^2) + h_0^2},$$

$$h_{x_2} = \sqrt{\frac{x}{l_2}(h_2^2 - h_0^2) + h_0^2}.$$

Дренаж несовершенного типа

Расход на 1 м дренажа по Дюпюи и А. В. Романову:

$$Q_0 = \frac{k(h_1 - m)^2}{2l_1} + \frac{k(h_2 - m)^2}{2l_2} + \frac{\pi kS}{\ln\frac{2m}{\pi d} + \frac{\pi l_1 l_2}{(l_1 + l_2)\,m}}.$$



Депрессионная кривая в сторону контура питания на расстоянии от дрены $>2T$:

$$h_{x_1} = \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{L}\right)(h_1 - h_2) + h_2 - \frac{Q_0}{kT_0}\left(x - x_0 + \frac{l_1}{2} - \frac{l_1 x}{L}\right),$$

Расчетная схема	Формула и автор

в сторону контура стока:

$$h_{x_2} = \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{L}\right)(h_1 - h_2) + h_2 - \frac{Q_0 l_1}{kT_0}\left(\frac{1}{2} - \frac{x}{L}\right),$$

$$T_0 = m + \frac{h_1' + h_2'}{2},$$

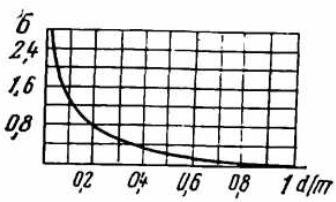
x — определяется от средней линии 0—0 (положительная — в сторону контура стока и отрицательная — в сторону контура питания),

$$h_1' = h_1 - m; \quad h_2' = h_2 - m.$$

Расчет при заданном расходе со стороны водораздела Q

Расход дренажа по С. Ф. Аверьянову:

$$Q = \frac{2\alpha}{1+\alpha} \times \left[Q_1 + \frac{k(h_2+m)(h_2-m)}{2l_2}\right].$$



Депрессионная кривая в сторону водораздела:

$$H_x = m + \left[\frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1}(H_2 - m)\right] + \left[\frac{1+\frac{\alpha_1}{\alpha_2}}{1+\alpha_1}\,\frac{Q_1 x}{km}\right],$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{1+\frac{m}{l_2}Б}, \quad \alpha_2 = \frac{1}{1+\frac{m}{x}Б},$$

$$Б = 1{,}47 \lg \frac{1}{\sin(\pi d/2m)},$$

Если водоем не полностью прорезает осушаемый пласт, то вместо l_2 нужно подставить $l = l_2 + 0{,}44h_0$

Расчетная схема	Формула и автор

Вертикальный дренаж

Расчет при заданном напоре на контуре питания

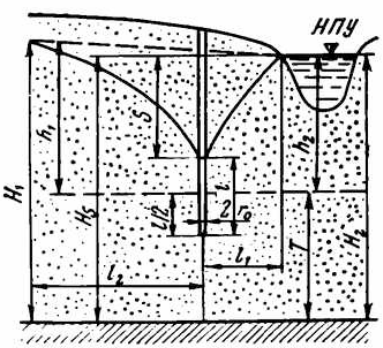
Дренаж совершенного типа

Расход линейного ряда дрен по А. В. Романову:

$$Q_0' = \frac{\pi k (2H_s - S) S}{\ln \frac{\sigma}{\pi r_c} + \frac{\pi l_1 l_2}{\sigma (l_1 + l_2)}}.$$

Дренаж несовершенного типа

Расход линейного ряда дрен по С. А. Абрамову:



$$Q_0' = \pi k S \left[\frac{2h_{cp} - S}{\ln \frac{\sigma}{\pi r_c} + \frac{\pi l_1 l_2}{\sigma (l_1 + l_2)}} + \frac{2T\beta}{(1+\beta) N} \right],$$

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2 + h_S}{3},$$

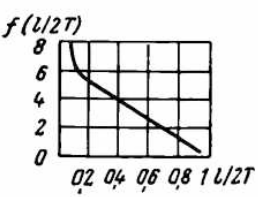
$$h_1 = H_1 - T; \quad h_2 = H_2 - T;$$

$$h_s = S + \frac{l}{2};$$

$$N = \ln \frac{\sigma}{\pi T} + \frac{\pi l_1 l_2}{\sigma (l_1 + l_2)};$$

$$\beta = \frac{N}{\xi_0};$$

$$\xi_0 = \frac{T}{L} \left[2 \ln \frac{4T}{r_c} - f\left(\frac{l}{2T}\right) \right] - 1{,}38.$$



Депрессионная кривая по С. Ф. Аверьянову:

$$H_x = H_s - \left[S \left(1 - \frac{x}{l} \alpha\beta \right) \right],$$

где $\alpha = \dfrac{1}{1 + 1{,}47 \lg \sin \dfrac{1}{\pi l / 2T_0}}$;

$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{2\sigma}{l} Б_1}$$

Расчетная схема	Формула и автор

σ — расстояние между скважинами; T_0 — принимается в сторону области питания: $T_0 = (H_1 + h_0)/2$,

в сторону области естественного дренажа:

$$T_0 = (H_2 + h_0)/2;$$

h_0 — высота столба воды в дренах ряда, считая от подошвы пласта:

$$h_0 = H_* - S;$$

$$Б_1 = 0{,}733 \lg \frac{\sigma}{\pi_0}.$$

Расчет при заданном расходе Q_1 со стороны водораздела

Расход дренажа по С. Ф. Аверьянову:

$$Q_0' = \frac{2\beta_1}{1+\beta_1}\left[Q_1 + \frac{2\sigma k T_1}{l}(H_1 - h_0)\right].$$

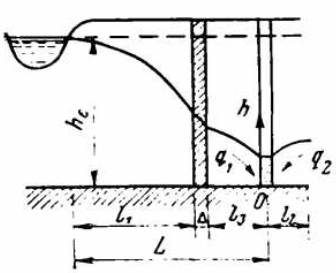
Депрессионная кривая по С. Ф. Аверьянову:

$$H_x = h_0 + \left(\frac{1-\beta_1}{1+\beta_1}\right)(H_2 - h_0) + \frac{1+\beta_1/\beta_2}{1+\beta_1}\cdot\frac{Q_1 x}{2\sigma k h_0},$$

$$\beta_1 = \frac{1}{1 + 2\sigma Б_1/l_1}\alpha;$$

$$\beta_2 = \frac{1}{1 + 2\sigma Б_1/x}\alpha,$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + 1{,}47 \lg \frac{1}{\sin(\pi l/h_0)}}.$$



Береговой дренаж за противофильтрационной завесой по А. Ж. Муфтахову:

расход притока через единицу ширины противофильтрационной завесы

$$q = \frac{k(h_e^2 - h_0^2)}{2[L + (\sigma - 1)\Delta]}; \quad \sigma = \frac{k}{k_б};$$

Расчетная схема	Формула и автор

полный приток на единицу длины дренажа с внутренней и наружной областей:

$$q = q_1 + q_2 = \omega l_2 + \frac{k(h_l^2 - h_0^2)}{2[L + (\sigma - 1)\Delta]},$$

депрессионная кривая при $x \leqslant l_3$

$$h^2 = h_0^2 + \frac{hl^2 - h_0^2}{[L + (\sigma - 1)\Delta]} x,$$

при $l_3 + \Delta \leqslant x < L$

$$h^2 = hl^2 - \frac{hl^2 - h_0^2}{L + (\sigma - 1)\Delta} (L - x).$$

ее части, удаление которой обеспечивает прочность дорожной одежды (обычно принимается остаточная влажность $W_e \leqslant 60\%$). Исходные данные при проектировании принимают, по А. Я. Тулаеву, следующие: общий Q и расчетный $q_р$ избыток воды, поступающей в дренирующий слой, $h_д$ — толщина дренажного слоя. Формулы для их определения:

$$q = Q/T,$$

где $Q = h_0(W_{от} - 0{,}75\,W_т)$ за весну; h_0 — расчетная толщина слоя грунта, из которого вода отжимается в корыто; $W_{от}$ — естественная весовая влажность грунта до полного оттаивания дорожной одежды; $W_т$ — граница текучести грунта;

$$h_д = h_{зап} + h_{нас};$$

T — период оттаивания, сут; $h_{зап}$ определяют по таблице 25.4.

25.4. Значения $h_{зап}$ (см)

Песок	При расчете дренирующего слоя по методу	
	осушения	поглощения
Мелкий	20	45
Средний	15	30
Крупный	10	25

При проектировании дренажных слоев по методу осушения подбирают коэффициент фильтрации песков (рис. 25.2), а по методу поглощения — уровень свободной воды (рис. 25.3).

Дренажные слои устраивают по принципу обратного фильтра с целью защиты их от заиления. Для этой цели используется также фильтрующая ткань.

Для отвода воды из грунтового основания можно использовать общие системы дренажа, понижающие уровень грунтовых вод (однолинейные,

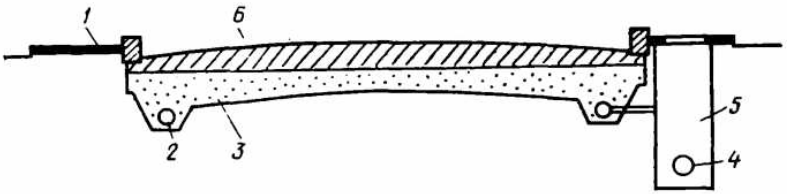


Рис. 25.1. Конструкция дренирующего слоя автомобильных дорог:

1 — тротуар; *2* — трубчатая дрена; *3* — дренирующий слой; *4* — водосток; *5* — смотровой колодец; *6* — полотно дороги.

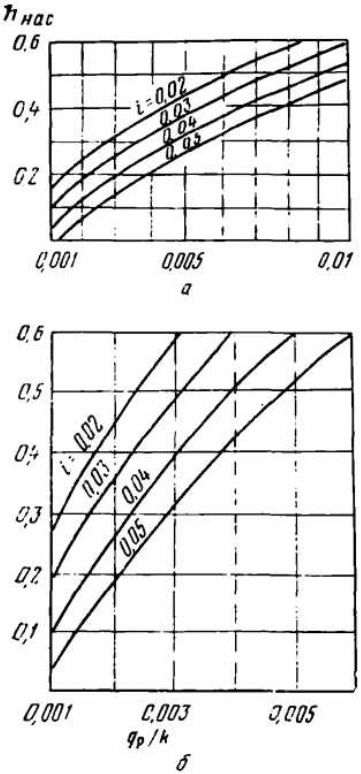


Рис. 25.2. Номограмма для расчета дренирующего слоя по методу осушения:

а, б — путь фильтрации соответственно 7.5 и 15 м; *k* — коэффициент фильтрации песка; $q_р$ — расчетный избыток (м³/сут с 1 м² корыта); *i* — поперечный уклон корыта.

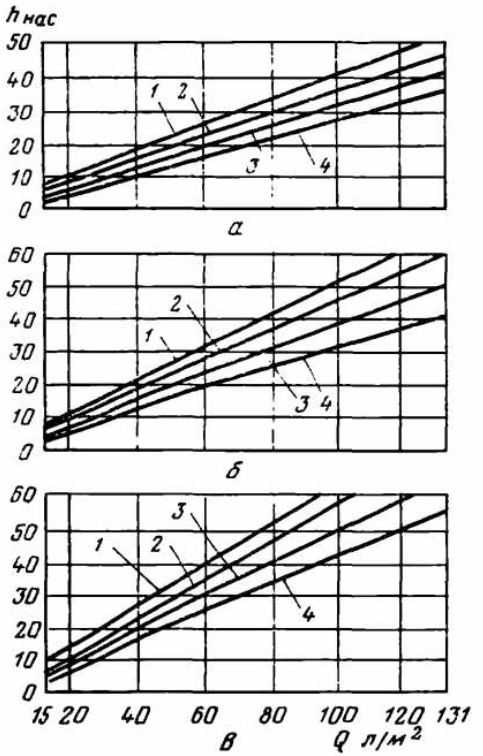


Рис. 25.3. Номограммы для расчета дренирующего слоя по методу поглощения:

а — первая категория увлажнения — сухие участки; *б* — вторая категория увлажнения — сырые участки; *в* — третья категория увлажнения — мокрые участки; *1, 2, 3, 4* — соответственно очень мелкий, мелкий, средний и крупный песок.

двухлинейные). Применение этих систем в некоторых случаях исключает необходимость специальных мероприятий по осушению земляного полотна.

Дренаж грунтового основания рассчитывают по зависимостям для параллельных горизонтальных дрен, учитывающих инфильтрационное питание.

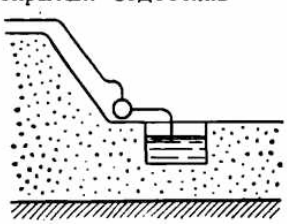
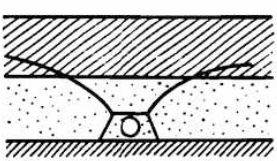
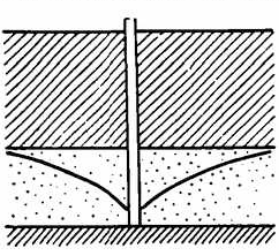
25.3. ОСУШЕНИЕ КАРЬЕРОВ И ШАХТ. СТРОИТЕЛЬНОЕ ВОДОПОНИЖЕНИЕ

Карьеры строительных материалов и шахты осушают с целью безопасного выполнения горно-строительных работ, эксплуатации месторождений и добычи кондиционной по влажности породы (руды).

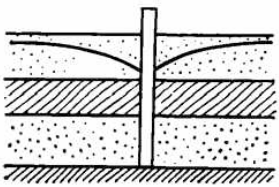
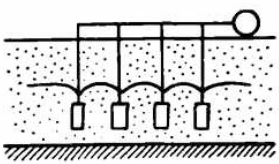
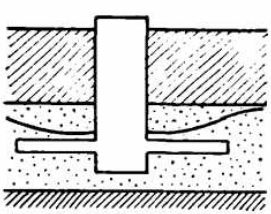
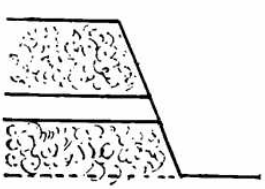
Различают предварительное осушение, выполняемое как временное мероприятие в период разработки карьеров и шахт, и параллельное осушение, которое проводится одновременно с эксплуатацией.

В промышленном, городском, гидротехническом и мелиоративном строительстве при разработке котлованов, траншей и подземных выработок, возведении нулевого цикла сооружений, прокладке коммуникаций и дренажей проводится строительное водопонижение. Его цель — обеспечение возможности выполнения в сухих условиях вскрышных, строительных и монтажных работ. Строительное водопонижение представляет временное мероприятие, поэтому технические средства, с помощью которых оно осуществляется, в основном соответствуют тем, которые применяют для предварительного осушения карьеров и шахт (табл. 25.5).

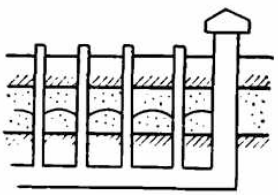
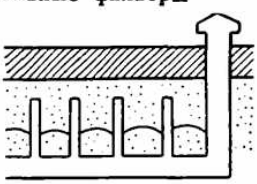
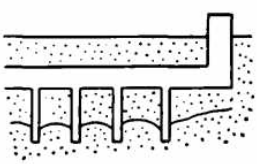
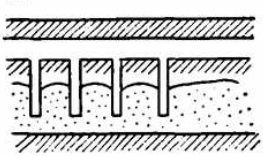
25.5. Характеристика технических средств, применяемых для осушения карьеров, шахт и строительного водопонижения

Способ осушения	Конструктивный тип	Средства и условия их применения
Поверхностный — осушительные системы устраивают на поверхности земли, на уступах или дне карьеров	Открытый водоотлив 	Открытые траншеи глубиной 1 ... 3 м. Отвод воды осуществляется откачкой насосами или самотеком. Целесообразны при осушении маломощных (10 ... 15 м) водоносных горизонтов. Зумпфы (мелкие колодцы) для сбора и отвода воды, поступающей в котлованы
	Горизонтальный трубчатый дренаж 	Сочетание асбестоцементных, керамических, бетонных и других труб с обсыпками из фильтрующего материала. Для параллельного осушения в маломощных водоносных горизонтах (10 ... 15 м)
	Водопонизительные скважины 	Откачка воды из скважин, располагаемых за технической границей, на уступах и дне карьеров. Применяют в напорных водоносных горизонтах с коэффициентом фильтрации более 1 ... 3 м/сут

Продолжение

Способ осушения	Конструктивный тип	Средства и условия их применения
	Водопоглощающие скважины 	Перепуск воды из верхних водоносных горизонтов в нижние при отсутствии напора в последних
	Иглофильтровые скважины 	Откачка воды из иглофильтровых установок, объединенных коллектором. Длина иглофильтровых установок ЛИУ, УВВ, ПВУ 10 м, эжекторных установок до 25 м
	Горизонтальные скважины 	Скважины, пробуренные на откосах, работают самотеком. Длина скважин 100 ... 150 м. Применяют самостоятельно или в сочетании с открытым водоотливом
	Лучевые дренажи 	Скважины из основного ствола шахтного колодца или буровой скважины большого диаметра (0,8 ... 1 м) устраивают задавливанием фильтрующих труб в пласт
Подземный — осушительные системы устанавливают из подземных выработок или осушение осуществляется самими выработками	**Дренажные штреки** 	Штреки сечением 4 ... 5 м² принимают воду из породы и отводят ее самотеком. Без дополнительных мероприятий целесообразны в закарстованных или трещиноватых породах. В других случаях дополняются сквозными, восстанавливающими или забивными фильтрами

Продолжение

Способ осушения	Конструктивный тип	Средства и условия их применения
	Сквозные фильтры 	Сооружают в виде скважины с поверхности земли до штрека, откуда вода отводится самотеком. Применяют для осушения водоносных горизонтов мощностью более 15 м
	Забивные фильтры 	Задавливают в кровлю штреков до 10 м в водонасыщенные пески для снятия напора над штреками. Располагают на расстоянии 5 ... 10 м один от другого
	Водопонизительные скважины 	Вертикальные скважины пробуривают из дна штреков для понижения уровня грунтовых вод до 5 м с откачкой воды насосами
	Разгрузочные скважины 	Устанавливают из дна штреков при наличии напорного пласта под ними для снятия напора. Вода поступает в них самотеком
Комбинированный	Сочетает конструктивные типы поверхностного и подземного способов осушения.	

Примечание. Для предварительного осушения применяют в основном поверхностный способ, для параллельного — подземный и комбинированный.

Кроме осушительных мероприятий, для защиты карьеров от воды применяют противофильтрационные завесы (барражи), располагаемые со стороны притока воды к карьеру. Для этого в основном применяют кольцевые завесы, располагаемые по замкнутому контуру вокруг карьера. В ряде случаев сочетают барражи с осушительными мероприятиями. В слабоводопроницаемых породах и при необходимости ускорения осушения применяют способы интенсификации водоотбора, для чего используют технологические приемы, характеристика которых приведена в таблице 25.6.

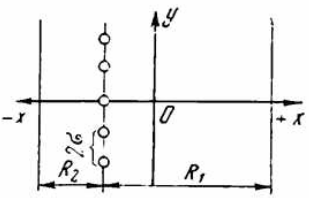
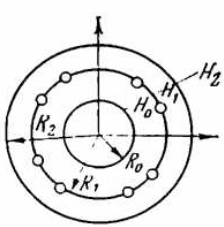
25.6. Технологические приемы для интенсификации водоотбора

Способ интенсификации	Технологический прием для осуществления способа	Условия применения
Гидравлический разрыв пласта	Нагнетание в скважину рабочей жидкости со скоростью, превышающей скорость поглощения ее пластом с целью образования трещин в пласте и увеличения дебита скважин	В трещиноватых породах: известняках, песчаниках, алевролитах
Торпедирование скважин	Взрывание зарядов, опущенных в скважину с целью увеличения ее водоприемной поверхности	В различных условиях
Обработка скважин раствором соляной кислоты	Закачка 10...20%-ной соляной кислоты в скважину и растворение пород с образованием пустот с целью увеличения дебита	В карбонатных породах
Декольматация скважин	Применение подводных электроразрядов импульсами тока высокой частоты или ультразвукового излучения с целью отделения частиц грунта от фильтра	В рыхлых породах
Вакуумирование грунтов	Создание разрежения в скважинах, иглофильтрах, забивных фильтрах с целью увеличения притока воды к ним	В рыхлых слабоводопроницаемых грунтах (с коэффициентом фильтрации 0,1...3 м/сут) для снятия остаточного напора в пласте. При поверхностном и подземном способах осушения
Нагнетание воздуха в пласт	Нагнетание в пласт воздуха через скважины компрессорными и специальными установками для повышения потенциальной энергии фильтрационного потока с целью увеличения дебита расположенных рядом водоотборных скважин	В рыхлых пластах однородного строения при их коэффициенте фильтрации 1...10 м/сут
Электроосмотическое осушение	Создание в грунте электрического поля для интенсификации движения воды к иглофильтрам	В рыхлых глинистых грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,01 м/сут

Расчеты водопонизительных и разгрузочных скважин, дренажных штреков и горизонтального дренажа проводятся по схемам и формулам вертикального и горизонтального дренажа.

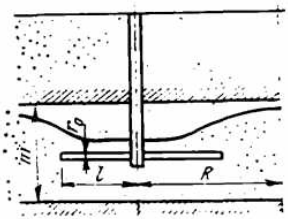
Особенности расчета осушительных устройств карьеров, шахт и строительного водопонижения имеют сквозные, горизонтальные и лучевые скважины, системы нагнетания воздуха в пласт. Основные расчетные формулы для этих случаев приведены в таблице 25.7.

25.7. Схемы и формулы для расчетов осушительных устройств карьеров, шахт и строительного водопонижения

Инженерная схема	Расчетные формулы
Скважины, расположенные в линейном ряду 	Дебит скважины совершенного типа в напорном пласте по А. В. Романову: $$Q = \frac{2\pi k m S}{\ln \frac{\sigma}{\pi r_c} + \frac{\pi R_1 R_2}{\sigma (R_1 + R_2)}},$$ m — мощность пласта; S — понижение в скважине; 2σ — расстояние между скважинами; R — радиус влияния
Водопонижающие скважины и сквозные фильтры, расположенные по окружности в сочетании с открытым (при бортовом) водоотливом	Дебит скважины (сквозного фильтра) по В. М. Чуйко: $$Q = \frac{\pi k \Delta h^2}{\ln \frac{R_1^{n+1}}{n r_0 R_0^n} - \frac{n \ln^2 (R_1/R_2)}{\ln (R_2/R_0)}}.$$ $$\Delta h^2 = h_0^2 + (h_e^2 - h_0^2) \frac{\ln R_1 - \ln R_0}{\ln R_2 - \ln R_0} - h_1^2,$$
Карьер имеет форму круга 	h_0 — глубина потока в карьере; h_1 — глубина потока в скважине; h_e — глубина потока в области питания; n — число скважин
Контуры: H_0 — карьера; H_1 — скважины; H_2 — области питания	

Инженерная схема	Расчетные формулы

Лучевой дренаж в напорном потоке при установившейся фильтрации



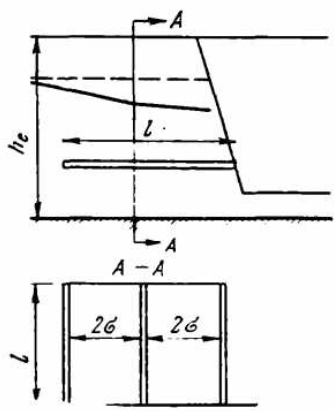
Дебит лучевого дренажа при симметрично расположенных горизонтальных скважинах по Ю. П. Борисову:

$$Q = \frac{2\pi Skm}{\ln \frac{\lambda R}{l} + \frac{m}{nl} \ln \frac{m}{2\pi r_c}},$$

S — понижение уровня воды в основном стволе; k — коэффициент фильтрации; m — мощность водоносного пласта; l — длина горизонтальной скважины; r_c — радиус скважины; R — радиус влияния лучевого колодца;

n	1	2	3	4
λ	4	2	1,86	1,78

Горизонтальные дренажные скважины



Дебит скважины нормальной откосу карьера по П. М. Беспалову:

плоскопараллельная фильтрация

$$Q = \frac{1{,}16ml\sqrt{(m/R')^3}}{[l/(2\sigma)]^{0{,}57}},$$

$$R' = R - \left(\frac{1}{2}l - \rho\right),$$

$$\rho = 40{,}82\sqrt{m},$$

m — принимается в см; R в м;

радиальная фильтрация

$$Q = \frac{0{,}16mk\sqrt{\left\{\frac{h_e}{(R/r_0)\{\ln[R/(r_0 + l + \rho)]\}}\right\}^3}}{\left[\frac{nl}{2\pi(R - r_0)}\right]^{0{,}57}},$$

h_e — мощность водоносного пласта; l — длина скважины; 2σ — расстояние между скважинами; R — радиус действия системы скважин; r_0 — приведенный радиус карьера; n — число скважин в системе

25.4. ОСУШЕНИЕ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК

Населенные пункты и промышленные площадки нуждаются в осушительных мероприятий при подтоплении территорий, на которых они располагаются. Нормы осушения установлены СНиП II-60—75** «Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов»: для жилой застройки и общественных зданий 2 м, парков, скверов и других зеленых насаждений 1 м. На промышленных площадках норма осушения должна быть не менее 3...3,5 м.

Для поддержания указанных норм осушения используются дренажные системы, аналогичные применяемым на сельскохозяйственных землях: головные, береговые, систематические и в основном те же конструктивные типы: горизонтальный, вертикальный, комбинированный. Вместе с тем горизонтальный дренаж, применяемый для осушения населенных пунктов и промышленных площадок, имеет конструктивные особенности и закладывается на глубину от 4...6 до 8 м (рис. 25.4). Горизонтальный дренаж прокладывают в основном вдоль улиц, дорог и на незастроенной территории.

Локальная защита осуществляется с помощью линейного, кольцевого, пристенного, пластового и лучевого дренажа.

Пристенный и пластовый дренаж устраивают одновременно с возведением зданий и сооружений: пристенный при близком водоупоре, когда в основании лежат слабоводопроницаемые породы, а пластовый при глубоком, когда основание представлено водоносными породами.

Линейный и кольцевой горизонтальный и лучевой дренаж применяют на уже застроенной территории, причем лучевой — на участках, насыщенных подземными коммуникациями, где невозможно разработать траншеи для укладки горизонтального дренажа. В этих же случаях для локальной защиты зданий, сооружений и их комплексов возможно в хорошо водопроницаемых породах (с коэффициентом фильтрации более 5 м/сут) применять скважины вертикального дренажа, устраиваемые в линию или по замкнутому кольцу. В слабоводопроницаемых грунтах (с коэффициентом фильтрации менее 1 м/сут) действие локального дренажа целесообразно усиливать вакуумированием.

Состав рекомендуемых мероприятий по локальной защите зданий, сооружений, их комплексов, а также коммуникаций в населенных пунктах и на промышленных площадках приведен в таблице 25.8.

Проектирование осушительных (и защитных) мероприятий проводится с учетом прогнозов подтопления, требования к которому определяют СНиП 2.02.01—83 «Основания зданий и сооружений».

Особенность расчета дренажа населенных пунктов и промышленных площадок — учет соответствующих граничных условий и дополнительного питания грунтовых вод, возникающего на территории после ее застройки, вследствие нарушения естественного водного баланса.

Дополнительное питание грунтовых вод можно выразить инфильтрацией, которая зависит от планировочной структуры застройки и размещения инженерных коммуникаций по площади:

Использование территории	Среднегодовая интенсивность инфильтрации, м/сут
Городская застройка	$5{,}2...5{,}8\cdot10^{-4}$
Тепловые электростанции	от $1\cdot10^{-4}$ до $2\cdot10^{-3}$
Металлургические заводы	$3...5\cdot10^{-4}$
Химические, нефтехимические и нефтеперерабатывающие заводы	$1...2\cdot10^{-4}$
Горно-обогатительные комбинаты	от $0{,}7\cdot10^{-4}$ до $4\cdot10^{-5}$

Расчеты локальных дренажей: пластовых, кольцевых и лучевых — имеют свои особенности. Формулы для их расчетов при наиболее часто встречающихся в практике случаев приведены в таблице 25.9.

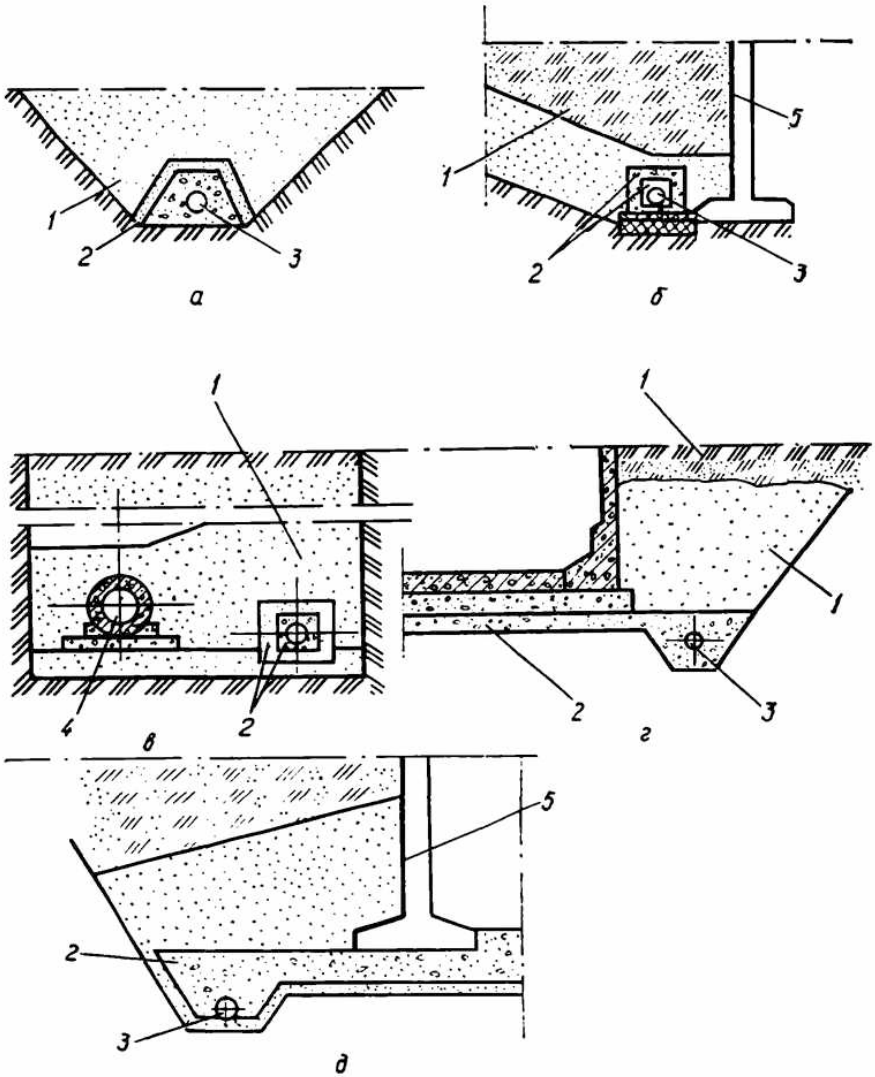


Рис. 25.4. Конструкции горизонтальных дренажей:

а — дренаж в отдельной траншее; *б* — пристенный дренаж; *в* — дренаж совмещенный с коллектором в общей траншее; *г* — продольный дренаж галереи; *д* — пластовый дренаж; *1* — обратная засыпка; *2* — фильтрующая обсыпка; *3* — дренажная труба; *4* — коллектор; *5* — окрасочная гидроизоляция.

25.5. ВАКУУМНЫЙ ДРЕНАЖ

Вакуумный дренаж представляет осушительную сеть, с помощью которой в почвогрунте создается искусственное гравитационное поле, увеличивающее осушающий эффект дрены (скважины). Искусственное гравитационное поле получают путем образования вакуума в полости закрытых дрен (или скважин).

В отличие от обычного (гравитационного) дренажа вакуумный дренаж способен отводить не только свободную, но и капиллярную воду под дей-

25.8. Мероприятия по локальной защите зданий, сооружений, их комплексов и коммуникаций в населенных пунктах и на промышленных площадках

Геологические условия территории	Характер подтопления территории	Защитные мероприятия и их применение на территориях	
		застраиваемых	застроенных
Песчаные и супесчаные отложения: морские, элювиальные, флювиогляциальные, аллювиальные, конечные морены и пр.	Подтапливаются при подпоре грунтовых вод со стороны реки или вследствие подземного барража. Возможно образование верховодки на уплотненных прослойках в результате оттаивания мерзлых пород в периферийных частях очагов тепла	Внешняя гидроизоляция. Кольцевой дренаж	Внутренняя гидроизоляция. Сопутствующие дренажи для подземных галерей
Суглинки, супеси, мелкозернистые пески, переслаивающиеся с суглинками, супесями, подстилаемые элювиальными щебеночными, морскими и аллювиальными галечниковыми и песчаными отложениями	Подтапливаются в результате инфильтрационного питания, создающегося при застройке; в условиях подпорной фильтрации и притока воды из напорных водоносных горизонтов подтопление увеличивается. Возможно образование верховодки в верхнем пласте	Одно-, двухлинейные, кольцевые дренажи в верхнем пласте (при $k>1$ м/сут). Пластовые дренажи (при k верхнего пласта менее 1 м/сут). В заглубленных помещениях с горячими производствами: пластовые дренажи в сочетании с внешней гидроизоляцией. В подземных галереях — продольные дренажи	Линейные дренажи комбинированного типа или линейные дренажи в нижнем пласте и одно-, двухлинейные, кольцевые дренажи в верхнем пласте — на участках, где действие общей защиты недостаточно эффективно В заглубленных помещениях с горячими производствами: пристенные дренажи в сочетании с внутренней гидроизоляцией, усиленной в основании В подземных галереях — линейные дренажи комбинированного типа с пристенной фильтрующей призмой на участках, где действие общей защиты недостаточно эффек-

Продолжение

Геологические условия территории	Характер подтопления территории	Защитные мероприятия и их применение на территориях	
		застраиваемых	застроенных
			тивно, или сопутствующие дренажи с применением вакуумирования в грунтах с $k<1$ м/сут
Песчаные слоистые отложения с глинистыми разностями, моренные суглинки, подстилаемые плотными глинами, элювиальные суглинки и глины, суглинки элювиально-делювиальные или флювиогляциальные, озерные суглинки, лессы и лессовидные суглинки	Подтопление в результате инфильтрационного питания, создающегося при застройке. Интенсивный подъем уровней грунтовых вод. Образование верховодки на уплотненных прослойках в результате оттаивания мерзлых пород и в периферийных частях очагов тепла	Пластовые и пристенные дренажи при $k<1$ м/сут и на участках, где действие общей защиты недостаточно эффективно. В очень глубоких помещениях — усиленные внешние гидроизоляции. В заглубленных помещениях с горячими производствами — пластовые дренажи в сочетании с внешней гидроизоляцией. В подземных галереях — продольные дренажи	Кольцевые дренажи в грунтах с $k>1$ м/сут на участках, где действие общей защиты недостаточно эффективно. Внутренняя гидроизоляция в грунтах с $k<1$ м/сут или кольцевые дренажи с применением вакуумирования В заглубленных помещениях с горячими производствами — пристенные дренажи в сочетании с внутренней гидроизоляцией, усиленной в основании В подземных галереях — заглубленные линейные дренажи с пристенной фильтрующей призмой в грунтах с $k>1$ м/сут. Сопутствующие дренажи с применением вакуумирования в грунтах с $k<1$ м/сут

Примечание. При наличии общих систем защиты локальную защиту следует выполнять только на участках распространения верховодки.

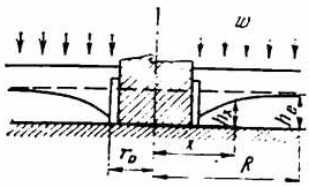
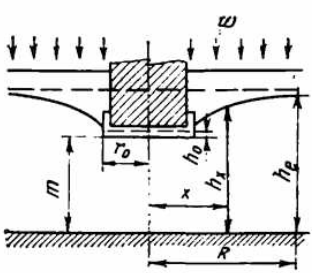
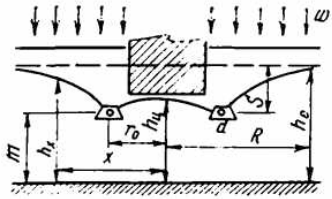
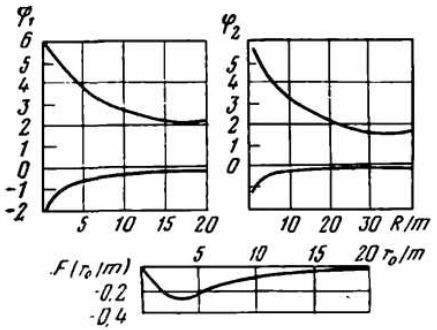
Схема	Расчетная формула и автор
	*Пристенный дренаж* Суммарный приток по Дюпюи: $$Q = \frac{\pi k (2h_e - S) S}{\ln R - \ln r_0}$$ Депрессионная кривая в сторону от дренажа: $$h_x = \sqrt{h^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{x}{R}}$$
	Пластовый дренаж Суммарный приток по С. К. Абрамову: $$Q = \pi k S \left[\frac{S}{\ln \frac{R}{r_0}} + \right.$$ $$+ \frac{2r_0}{\frac{\pi}{2} + 2 \arcsin \frac{r_0}{m + \sqrt{m^2 + r_0}}} +$$ $$\left. + 0{,}515 \frac{r_0}{m} \ln \frac{R}{4m} \right]$$
	Радиус влияния дренажа определяется по Е. Е. Керкису: $$R = \sqrt{\ln R - \ln r_0 - 0{,}217} =$$ $$= 0{,}66 \sqrt{\frac{k}{\omega} h_e^2 - 0{,}5 r_0}$$ Депрессионная кривая в сторону от дренажа: $$h_x = m + h_0 + S \sqrt{1 - \frac{\ln \frac{R}{x}}{\ln \frac{R}{r_0}}}$$

Схема	Расчетная формула и автор





Кольцевой горизонтальный дренаж несовершенного типа

Суммарный приток по А. Ж. Муфтахову:

$$Q = \frac{\pi k (2h_e - S) S}{\ln \frac{R}{r_0} + \xi},$$

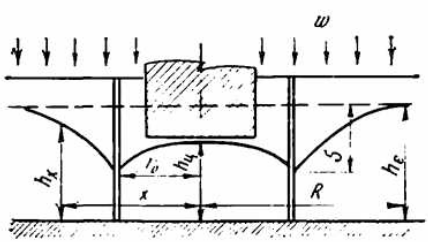
$$\xi = \frac{m}{\pi r_0} \ln \frac{4r_0}{d} - \ln\left(1 + \frac{m}{r_0}\right)$$

Депрессионная кривая в центре контура:

$$h_e - h_ц = S \frac{\ln \frac{4r_0}{d} - \pi + 2\frac{r_0}{m} F\left(\frac{r_0}{m}\right)}{\ln \frac{4r_0}{d} + 2\frac{r_0}{m} \varphi\left(\frac{r_0}{m}; \frac{R}{m}\right)}$$

$$\varphi\left(\frac{r_0}{m}; \frac{R}{m}\right) = \varphi_1 - \varphi_2; \quad F\left(\frac{r_0}{m}\right)$$

находят по графикам



Кольцевой вертикальный дренаж совершенного типа

По В. Н. Щелкачеву:

$$Q = \sum_{i-1}^{n} \frac{\pi k (2h_e - S) S}{\ln\left(\frac{R^n}{n r_0^{n-1} r_c}\right)}$$

Депрессионная кривая в любой точке:

$$h_ц = \sqrt{h_e^2 - \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{\pi k}}$$

Приведенный радиус дренажа определяется по формуле

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$$

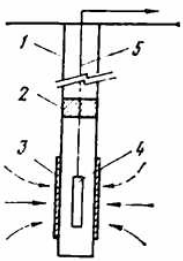
Обозначения: k — коэффициент фильтрации; F — площадь внутри замкнутого контура дренажа; ω — дополнительное инфильтрационное питание. Остальные обозначения даны на схемах

25.10. Технологические приемы создания вакуума и характеристика систем вакуумного дренажа (по Б. М. Дегтяреву)

Системы вертикального типа	Системы горизонтального типа

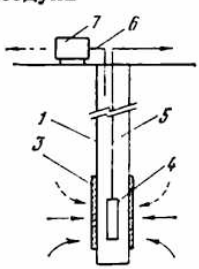
Понижение уровня воды в полости дрен, изолированных от атмосферного воздуха

Скважины с водопроницаемыми перегородками

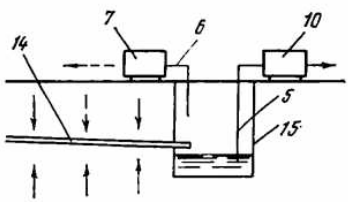


Откачка воздуха из полости дрен вакуумными насосами

Скважины с раздельной откачкой воды и воздуха

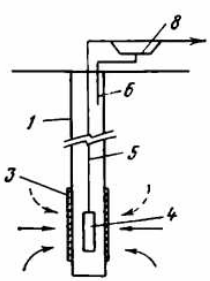


Трубчатые дрены со сбросом воды в вакуумные колодцы и раздельной откачкой воды и воздуха

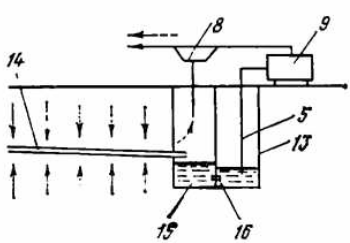


Использование энергии струи, нагнетаемой через эжектор

Скважины с эжекторным устройством в оголовке

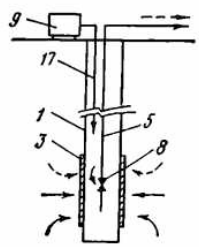


Трубчатые дрены со сбросом воды в вакуумные колодцы, снабженные эжекторным устройством

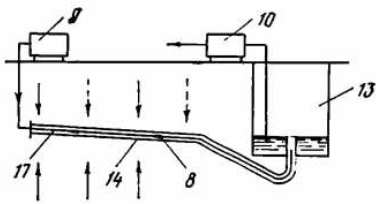


Системы вертикального типа	Системы горизонтального типа

Скважины с внутренним эжекторным устройством

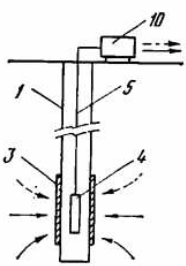


Трубчатые дрены с внутренним эжекторным устройством

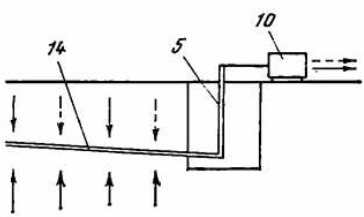


Понижение давления в потоке воды, движущейся по дренам

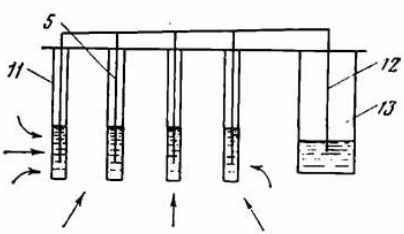
Скважины с самовсасывающими насосами для откачки водовоздушной смеси



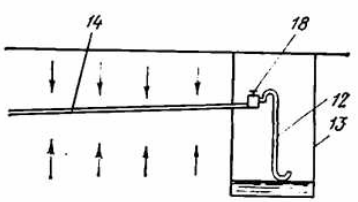
Трубчатые дрены с самовсасывающими насосами для откачки водовоздушной смеси



Скважины с сифонными водосборами



Трубчатые дрены с сифонными водосбросами



Примечание. На рисунках обозначено: *1* — вакуумная скважина, изолированная от атмосферного воздуха; *2* — воздухонепроницаемая перегородка; *3* — фильтр; *4* — погружной насос; *5* и *6* — водоподъемная и воздухоотводная трубы; *7* — вакуумный насос; *8* — эжекторное устройство; *9* и *10* — нагнетательный и водоподъемный насосы; *15* — вакуумный колодец, изолированный от атмосферного воздуха; *16* — патрубок с клапаном; *17* — нагнетательная труба; *18* — устройство для отвода воздуха. Сплошными стрелками показано направление движения воды, а пунктирными — направление движения воздуха.

ствием значительно большего гидравлического градиента в фильтрационном потоке, создающегося за счет вакуума.

При вакуумировании дрен можно свободную поверхность воды опускать ниже глубины заложения дренажных труб. В этом случае расположенная над свободной поверхностью воды капиллярная зона насыщена водой, причем нижняя ее часть насыщена почти до полной влагоемкости, поэтому когда свободная поверхность воды опускается ниже дрен, то в них продолжает поступать вода практически без воздуха через водонасыщенный участок капиллярной зоны. Этот участок капиллярной зоны мощностью $h_э$ называется экранирующим. В процессе осушения, когда верхняя граница участка опустится до дрен, происходит прорыв воздуха в них через этот участок. Момент прорыва воздуха зависит от величины вакуума и времени осушения. При малом вакууме в дренах, численно равном $P_в/\rho g \leqslant h_к$, где $h_к$ — высота капиллярной зоны, ρ — плотность воды, g — ускорение свободного падения, понижение свободной поверхности воды в момент прорыва воздуха соответствует мощности экранирующего участка капиллярной зоны $h_э$, составляющей для среднего и мелкого песка соответственно 0...0,1 и 0,1...0,3 м, супеси 0,3...1 м, легкого, среднего и тяжелого суглинка соответственно 1... 1,5; 1,5...2,5 и 2,5...5 м.

При малом вакууме в дренах часто к моменту прорыва воздуха степень осушения почвы бывает достаточной для вегетации растений и производства работ.

Вакуумный дренаж эффективен в почвогрунтах с коэффициентом фильтрации от 0,01 до 3 м/сут. В этом диапазоне его эффект по сравнению с обычным дренажем увеличивается с уменьшением коэффициента фильтрации.

Вакуумный дренаж рекомендуется для локальной защиты от подтопления подземных коммуникаций, частей зданий и сооружений, при разработке котлованов, траншей и прочих выработок.

При соответствующем технико-экономическом обосновании вакуумный дренаж можно применять для того, чтобы сократить время осушения торфяных и минеральных избыточно увлажненных почв в гумидной зоне, а также почв влажных субтропиков, усилить эффект промывок засоленных земель.

Возможны два режима вакуумирования дрен: установившийся и неустановившийся. В установившемся режиме вакуумирования дренаж работает до прорыва воздуха в дрены. Для поддержания установившегося режима после прорыва необходима подрегулировка вакуумирующих устройств, обеспечивающих постоянный вакуум. В последнем случае режим называют псевдоустановившимся. В обычных случаях после прорыва воздуха режим вакуумирования становится неустановившимся.

Для осушения сельскохозяйственных земель достаточен небольшой вакуум, что позволяет применять простые конструкции вакуумного дренажа.

Характеристика систем вакуумного дренажа показана в таблице 25.10.

Расчет вакуумного дренажа предусматривает определение притока воды к дренам, понижения уровня грунтовых вод и времени осушения.

Приток к одиночной вакуумной скважине, расположенной в однослойном водоносном пласте, можно найти по формуле:

$$Q = \frac{\pi K (h_e + h)(S + P_в/\rho g)}{\ln (R/r_c)}.$$

Понижение депрессионной кривой в этих условиях можно рассчитать по формуле Г. А. Родионова:

$$y = \sqrt{(h_e^2 - h^2)\frac{\ln (r/r_c)}{\ln (R/r_c)} + h^2} - \frac{P_в}{\rho g}\frac{\ln (R/r)}{\ln (R/r_c)}.$$

Приток к системе скважин следует определять в зависимости от строения пласта (однослойное, двухслойное и пр.) и реальных граничных усло-

вий по тем же зависимостям, которые применяют для расчетов безвакуумных систем, путем введения напорной функции:

$$u = (h_e + h)\,(S + P_в/\rho g)/2.$$

Время осушения системой параллельных рядов вертикальных вакуумных скважин, расположенных в однородном водоносном пласте, определяют по формуле Г. М. Мариупольского:

$$t = \frac{4\mu l^2}{k\,(P_в/\rho g - h_к)}\left(\ln\frac{h_e + h_к}{h + h_к} - \ln\frac{h_e + P_в/\rho g}{h + P_в/\rho g}\right).$$

Приток к параллельным рядам систематического горизонтального вакуумного дренажа в однородном водоносном пласте можно найти по формуле

$$q = \frac{lk\,(h_e + P_в/\rho g)}{h_e + \dfrac{l}{2\pi}\ln\dfrac{l}{\pi d}},$$

а понижение депрессионной кривой в этих условиях — по формуле С. Ф. Аверьянова с учетом вакуума в дрене:

$$h = (h_e + P_в/\rho g)\,\varphi - P_в/\rho g,$$

где

$$\varphi = \frac{32}{\pi^3}\left(u^{1/4} - \frac{1}{27}u^{9/4} + \frac{1}{125}u^{25/4} - \ldots\right);$$

$$u = e^{-\pi^2\bar{t}}; \qquad \bar{t} = t/\tau; \qquad \tau = \mu l^2/(kT\alpha);$$

$$T = m + h_e/2; \qquad \alpha = \frac{1}{1 + TБ/(2l)}; \qquad Б \approx 2{,}94\ln\frac{2T}{\pi d}.$$

Время осушения систематическим горизонтальным вакуумным дренажем вычисляют по формуле Б. М. Дегтярева:

$$t = \frac{\mu}{k\beta}\left[(h_e - h) + \left(\frac{l}{2\pi}\ln\frac{l}{\pi d} - P_в/\rho g\right)\ln\frac{h_e + P_в/\rho g}{h + P_в/\rho g}\right],$$

$$\beta = 1 - 3{,}8\frac{h_в}{P_0}\nu.$$

Обозначения в формулах: h_e — первоначальный гидростатический напор; h — пониженный напор; R — радиус влияния скважин; r_c — радиус скважин; k — коэффициент фильтрации; l — расстояние между рядами скважин или между горизонтальными дренами; $h_к$ — высота капиллярного поднятия грунта; ν — содержание в грунте частиц диаметром менее 0,005 мм; m — расстояние от дрен до водоупора.

Глава 26. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Под реконструкцией осушительных систем подразумевают полное или частичное переустройство их на основе нового технического решения. Реконструкция намечается в тех случаях, когда ремонт сети не может обеспечить ведение сельскохозяйственного производства на требуемом уровне из-за нарушений оптимального водного режима.

Цель реконструкции осушительных систем — увеличение производства сельскохозяйственной продукции и снижение ее себестоимости, улучшение условий и повышение производительности труда при выполнении сельскохозяйственных и ремонтно-эксплуатационных работ, увеличение КЗИ, повышение капитальности и надежности осушительной сети и сооружений, уменьшение эксплуатационных затрат.

В результате реконструкции должно быть достигнуто повышение технического уровня осушительной системы и отдельных ее элементов за счет замены устаревшего оборудования и внедрения достижений научно-технического прогресса.

Реконструкция осуществляется на основании проекта (рабочего проекта), составленного по материалам специальных изысканий и обследований.

26.1. ВЫБОР ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ

Необходимость реконструкции осушительной системы обусловливается изменением характера и интенсивности сельскохозяйственного использования, необходимостью двухстороннего регулирования водного режима почвы, изменением условий отвода воды, связанным с гидротехническим строительством на водоприемнике или осадкой поверхности земли.

Целесообразность реконструкции систем на конкретных объектах мелиорации должна быть обоснована экономическими показателями: коэффициентом эффективности капитальных вложений; уровнем рентабельности использования производственных фондов на мелиорируемых землях; сроком возмещения (полный срок окупаемости) капитальных вложений.

Показатели сравнительной эффективности капитальных вложений в реконструкцию осушительных систем — дифференциальный чистый доход от мелиорации на гектар осушаемых земель и приведенные затраты на единицу продукции на тех же землях.

Коэффициент эффективности капитальных вложений в реконструкцию осушительных систем $Э_р$ определяется отношением дополнительного чистого дохода, полученного в результате реконструкции, к общей сумме дополнительных капитальных вложений в реконструкцию и расширение сельскохозяйственного производства по формуле

$$Э_р = \frac{\Delta ЧД + Э_{сх}}{К_р + Ф_о - Р_к + \Delta К_{сх} + К_{ок}}, \qquad (26.1)$$

где $\Delta ЧД$ — дополнительный чистый доход в результате прироста продукции от реконструкции осушительных систем, р. на 1 га; $Э_{сх}$ — экономия в сельскохозяйственном производстве в результате проведения реконструкции осу-

шительных систем, р. на 1 га; $К_р$ — капитальные вложения в реконструкцию систем, р. на 1 га; $Ф_о$ — остаточная стоимость фондов мелиорации, подлежащих ликвидации при реконструкции систем, р. на 1 га; $Р_к$ — стоимость предстоящего капитального ремонта мелиоративной системы, приведенная к настоящему моменту, р. на 1 га; $\Delta К_{сх}$ — дополнительные капитальные вложения в расширение сельскохозяйственного производства на базе реконструкции систем, р. на 1 га; $К_{ок}$ — капитальные вложения в окультуривание земель, р. на 1 га.

Срок окупаемости — обратная величина коэффициента эффективности капитальных вложений, выражаемая в годах.

Дополнительный чистый доход от реконструкции осушительных систем определяется вычитанием из стоимости дополнительной продукции дополнительных текущих затрат на осушительных системах после проведения их реконструкции (амортизационные отчисления и эксплуатационные расходы, затраты на агромелиоративные мероприятия, затраты на ремонт и др.), а также от дополнительных затрат на выращивание и уборку этой продукции.

Экономия в сельскохозяйственном производстве в результате реконструкции осушительных систем $Э_{сх}$ определяется суммой снижения затрат на механизированные работы вследствие улучшения условий работы машин и механизмов после реконструкции.

Уровень рентабельности использования производственных фондов на осушенных землях $Э_ф$ определяется как отношение чистого дохода (нормативной чистой продукции) к производственным фондам, включая фонды мелиорации и фонды, необходимые для ведения сельскохозяйственного производства:

$$Э_ф = \frac{ЧД\ (НЧП)}{Ф_м + Ф_{сх} + Ф_{ок}}, \qquad (26.2)$$

где $ЧД$ $(НЧП)$ — чистый доход (нормативная чистая продукция) — результат сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях, р. на 1 га; $Ф_м$ — производственные фонды мелиорации, р. на 1 га; $Ф_{сх}$ — основные фонды, необходимые для сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях, р. на 1 га; $Ф_{ок}$ — основные фонды неинвентарного характера, созданные единовременными вложениями в окультуривание земель, р. на 1 га.

Величины $Э_р$ и $Э_ф$ должны сопоставляться с соответствующим нормативом общей (абсолютной) эффективности (рентабельности) $Е_п$ и, если $Э_р$ и $Э_ф \geqslant Е_п$, то капитальные вложения признаются эффективными.

Величина $Э_р$ характеризует эффективность дополнительных капитальных вложений, величина $Э_ф$ — эффективность использования совокупных капитальных вложений в мелиорацию и сельскохозяйственное производство после мелиорации.

Дифференциальный чистый доход на 1 га мелиорируемых земель определяется по формуле

$$Д_д = \Delta ЧД - Е_н\ (\Delta К_м + \Delta К_{сх} + К_{ок}), \qquad (26.3)$$

где $Е_н$ — нормативный коэффициент сравнительной эффективности; $\Delta К_м$ — дополнительные капитальные вложеиня в мелиорацию, р. на 1 га.

Приведенные затраты представляют сумму текущих затрат (себестоимости) и капитальных вложений, приведенных к одинаковой размерности в соответствии с нормативом эффективности:

$$ЗП = С + Е_н\ (К_м + К_{сх} + К_{ок}), \qquad (26.4)$$

где $С$ — текущие затраты на производство продукции.

Срок возмещения капитальных вложений (полный срок окупаемости) отражает скорость возмещения средств, затраченных в реконструкцию и сельскохозяйственное освоение с учетом реновации, как источника возмещения капитальных затрат, а также недобора чистого дохода за период ре-

конструкции и освоения и ущерба от замораживания средств на период реконструкции определяют по формуле

$$T_{возм} = (K_м + K_{сх} + K_{ок} + У_э + У_{осв})/(\Delta ЧД + A_в), \qquad (26.5)$$

где $У_э$ — ущерб от замораживания капитальных вложений на период реконструкции и освоения объекта, который определяется умножением суммы нефункционирующих капитальных вложений на норматив приведения разновременных затрат ($E_в$=0,08) и срок строительства и освоения ($У_э = \sum_{t=1}^{T} K E_в t$), р. на 1 га; $У_{осв}$ — недобор чистого дохода за период реконструкции и освоения, представляющий разницу между суммой дополнительного чистого дохода на период полного освоения объекта и суммой дополнительного чистого дохода за период реконструкции и освоения, р. на 1 га; $A_в$ — сумма амортизационных отчислений на реновацию системы, р. на 1 га.

Дополнительные показатели эффективности капитальных вложений в осушение определяют в соответствии с требованиями отраслевой «Методики (инструкции) по определению эффективности капитальных вложений».

При расчетах экономической эффективности капитальных вложений в реконструкцию осушительных систем обязателен народнохозяйственный подход. Он достигается при помощи оценки дополнительной сельскохозяйственной продукции, получаемой за счет мелиорации, по зональным закупочным ценам с учетом надбавок за прирост продукции и налога с оборота, а также при помощи дифференциации нормативных коэффициентов эффективности капитальных вложений.

При выборе наиболее эффективных объектов реконструкции расчеты выполняют в такой последовательности: проводят ориентировочную качественную оценку земель объектов и прироста качества в результате реконструкции систем; устанавливают структуру использования земель объекта, изменения структуры, долю вновь осваиваемых земель; назначают планируемый уровень интенсивности ведения сельскохозяйственного производства; определяют уровень расчетных цен реализации продукции, дополнительные затраты (экономию), обусловленные местоположением объекта и хозяйства; рассчитывают капитальные вложения в реконструкцию систем, дорожное строительство, окультуривание земель, ведение сельскохозяйственного производства; вычисляют показатели эффективности капитальных вложений в реконструкцию; проводят сравнение объектов реконструкции в хозяйстве (районе) между собой по коэффициентам эффективности капитальных вложений.

При выборе очередности реконструкции осушительных систем целесообразно определить оптимальный срок проведения реконструкции путем оценки экономического эффекта от ее осуществления за оставшийся период службы системы, которая может быть определена по формуле

$$Э = \left[ЗП_1 \frac{B_2}{B_1} \frac{P_1 + E_н}{P_2 + E_н} + \right.$$
$$\left. + \frac{(И_1' - И_2') - E_н (K_2' - K_1')}{P_2 + E_н} - ЗП_2\right] A_2, \qquad (26.6)$$

где $Э$ — экономический эффект от проведения реконструкции осушительных систем, р. на 1 га; $ЗП_1$ и $ЗП_2$ — приведенные затраты на создание и капитальный ремонт осушительных систем, р. на 1 га;

$$ЗП_1 = Ф_1 + \frac{KP_1}{(1 + E_в)^{t_1}} + \frac{KP_2}{(1 + E_в)^{t_2}} + \ldots + \frac{KP_п}{(1 + E_в)^{t_n}}, \qquad (26.7)$$

$Ф_1$ — восстановительная стоимость осушительной системы (за вычетом фактического износа), р. на 1 га; KP_1, KP_2, $KP_п$ — затраты на первый, второй и последующие капитальные ремонты осушительной системы, р. на 1 га; t_1,

$t_2 \ldots t_n$ — время до первого, второго и последующих капитальных ремонтов осушительной системы от момента оценки эффективности реконструкции, лет;

$$ЗП_2 = Ф_{ос} + К_р + \frac{КР_1'}{(1+Е_в)^{t_1}} + \frac{КР_2'}{(1+Е_в)^{t_2}} + \ldots + \frac{КР_п'}{(1+Е_в)^{t_n}}, \quad (26.8)$$

$Ф_{ос}$ — остаточная стоимость осушительных систем в год реконструкции, р. на 1 га; $К_р$ — капитальные вложения в реконструкцию осушительной системы (по сметной стоимости), р. на 1 га; $КР_1'$, $КР_2'$, $КР_п'$ — затраты на первый, второй и последующие капитальные ремонты реконструированной системы, р. на 1 га; $В_1$ и $В_2$ — годовые объемы сельскохозяйственной продукции до и после реконструкции осушительной системы, р. на 1 га; $Р_1$ и $Р_2$ — доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) осушительных систем до и после реконструкции; рассчитываются по формуле

$$Р = \frac{Е_в}{(1+Е_в)^T - 1}, \quad (26.9)$$

$Е_в$ — нормативный коэффициент эффективности для приведения затрат к сопоставимому виду по времени; $Т$ — срок службы осушительной системы (для реконструируемой системы — оставшийся период службы до износа в нормативные сроки), лет: $И_1'$ и $И_2'$ — текущие затраты на производство сельскохозяйственной продукции (в расчете на объем продукции после реконструкции осушительной системы) до и после проведения реконструкции без учета затрат на амортизацию, р. на 1 га;

$$И_1' = И_1 В_2 / В_1, \quad (26.10)$$

$И_1$ — текущие затраты на производство сельскохозяйственной продукции по реконструкции осушительной системы, р. на 1 га; $К_1'$ и $К_2'$ — капитальные вложения в основные фонды для ведения сельскохозяйственного производства без фондов мелиорации (в расчете на объем продукции после реконструкции осушительной системы) до и после проведения реконструкции, р. на 1 га;

$$К_1' = К_1 В_2 / В_1, \quad (26.11)$$

$К_1$ — капитальные вложения в основные фонды для ведения сельскохозяйственного производства (без фондов мелиорации) до реконструкции осушительной системы, р. на 1 га; $А_2$ — площадь осушительной системы после реконструкции, га.

В том случае, если фонд земель для реконструкции осушительных систем ограничен, оптимальный срок проведения реконструкции определяют по формуле

$$Э = \left[ЗП_1 \frac{Р_1 + Е_н}{Р_2 + Е_н} + \right.$$

$$\left. + \frac{(Ц_2 - Ц_1) - (И_1 - И_2) + Е_н (К_1 - К_2)}{Р_2 + Е_н} - ЗП_2 \right] А_2, \quad (26.12)$$

где $Ц_1$ и $Ц_2$ — стоимость сельскохозяйственной продукции до и после реконструкции осушительных систем по закупочным ценам с учетом надбавок и доли налога с оборота, относимого на сельскохозяйственное производство, р. на 1 га; $И_1$ и $И_2$, $К_1$ и $К_2$ — текущие затраты и капитальные вложения, необходимые для ведения сельскохозяйственного производства (без амортизации мелиоративных систем и без их стоимости) до и после реконструкции осушительной системы, р. на 1 га.

Оптимальный срок проведения реконструкции осушительной системы определяется по максимальной сумме экономического эффекта от реконструкции. Расчеты могут быть проведены как для каждого года предстоящей службы осушительной системы, подлежащей реконструкции, так и для от-

дельных «опорных» лет, например для лет перед первым, вторым, третьим и последующими капитальными ремонтами. После проведения капитального ремонта осушительной системы сумма ожидаемого эффекта от реконструкции существенно снижается, постепенно возрастая по мере приближения срока очередного капитального ремонта.

26.2. ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Для составления проектно-сметной документации на реконструкцию осушительных систем выполняются следующие изыскания: топографо-геодезические; инженерно-геологические и гидрогеологические; почвенно-мелиоративные и ботанико-культуртехнические; гидрологические; гидротехнические.

Состав, порядок разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации для объектов реконструкции и вновь проектируемых осушительных систем аналогичны. В проекте реконструкции должны быть детально рассмотрены следующие вопросы: причины и характер переувлажнения почвогрунтов на ранее осушенных землях; выбор способа осушения и обоснование параметров регулирующей сети; обоснование необходимости ремонта или реконструкции элементов осушительной сети, сооружений и дорог; обоснование необходимости устройства дополнительных каналов, коллекторов, дрен, сооружений и дорог.

При переустройстве открытой осушительной сети на закрытую следует трассы дрен намечать в поперечном направлении к сети открытых каналов, а на слабоводопроницаемых почвах в местах пересечения дрены с ликвидируемыми каналами предусматривать поглотительные колонки с засыпкой фильтрующим материалом до пахотного слоя почвы. Если глубина ликвидируемого канала превышает глубину закладки дрен, то дренажные трубы в месте пересечения необходимо укладывать на щебенчатую (гравийную) подготовку или на стеллажи.

При реконструкции закрытых осушительных систем следует предусматривать подключение существующих коллекторов и дрен к вновь устраиваемым.

В процессе осуществления работ по реконструкции осушительных систем во избежание заболачивания земель следует предусматривать пропуск транзитом расходов воды, которые сбрасываются с вышележащих по водосбору осушительных систем, а также мероприятия по предотвращению отрицательного влияния строительства на чистоту воды в каналах и водотоках, расположенных ниже по течению.

Глава 27. КУЛЬТУРТЕХНИКА И ПЕРВИЧНОЕ ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ

27.1. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ПЕРВИЧНОЕ ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Основная задача культуртехнических работ — приведение поверхности осваиваемых земель в пригодное для обработки состояние, что достигается мероприятиями по расчистке площади от древесной и кустарниковой растительности, пней, камней, кочек, мохового очеса и старой дернины, а также планировкой поверхности (засыпка ям и старых канав, срезка бугров и выравнивание других неровностей рельефа).

Проектирование культуртехнических мероприятий осуществляют на основании материалов изысканий (см. главу 30), технология их выполнения освещена в томе «Строительство». Одновременно с осушением земель и культуртехническими работами следует проводить мероприятия по первичному окультуриванию почв. В процессе проектирования осушительных систем необходимо обращать внимание на сохранение верхнего плодородного слоя, а при вынужденном нарушении — на восстановление и повышение плодородия почв.

Мероприятия по окультуриванию направлены на коренное улучшение водно-физических, агрохимических, биологических и термических свойств и повышение плодородия почвы путем первичной и последующих ее обработок, известкования кислых и гипсования засоленных почв, применения научно обоснованной системы удобрений, залужения или посева предварительных культур, обеспечивающих создание мощного плодородного слоя.

Окультуренные почвы должны обладать нейтральной или близкой к ней реакцией почвенной среды, не иметь на поверхности или в своем составе посторонних включений, обеспечивать возможность применения высокопроизводительной сельскохозяйственной техники.

Основная задача окультуривания земель в период мелиоративного строительства — повышение степени окультуренности до уровня не ниже среднего, обеспечивающего получение проектной урожайности на первый (при залужении на второй) год освоения. На минеральных почвах мощность пахотного слоя должна быть не менее 18 см, содержание подвижного фосфора и обменного калия должно составлять 10...12 мг на 100 г почвы (по методу А. Т. Кирсанова), pH (солевой вытяжки) 5,5...6,0. На торфяных почвах содержание подвижного фосфора доводят до 30 мг на 100 г почвы (по А. Т. Кирсанову и Ф. В. Чирикову) или до 12 мг (по Б. П. Мачигину), а обменного калия до 30 мг (по А. Л. Масловой) или до 45 мг (по П. В. Протасову), pH (солевой вытяжки) 5,5...6,0.

В первые годы освоения окультуривание торфяных почв должно быть направлено преимущественно на усиление биологической активности пахотного слоя и мобилизацию естественных запасов азота. В дальнейшем эта задача на торфяниках северных районов Нечерноземной зоны РСФСР, Сибири и Дальнего Востока остается прежней. В остальных районах комплекс мероприятий по окультуриванию торфяных почв направляется на регулирование процессов разложения и синтеза органического вещества, причем в южных районах — на снижение интенсивности минерализации торфа.

При окультуривании осушаемых земель основными показателями, определяющими применение того или иного способа обработки почв, являются механический состав, мощность гумусового слоя, свойства дернины, степень

разложения торфа, степень осушения, приемы выполнения культуртехнических работ и намечаемая к посеву сельскохозяйственная культура.

На хорошо осушенных участках торфяных почв под зерновые культуры и многолетние травы лучший способ обработки — фрезерование без вспашки в два-три следа. На низинных торфяниках со слабой дерниной и хорошо разложившимся торфом после раскорчевки густого кустарника при наличии в торфе погребенной древесины и на минеральных закамненных и малогумусированных почвах под эти же культуры сплошного рядового сева основную обработку почвы проводят тяжелыми дисковыми боронами без вспашки путем многократного дискования.

Под пропашные и глубокоукореняющиеся культуры, которые более требовательны к воздушному и питательному режимам, выполняют отвальную вспашку на глубину 30...35 см на торфяных и на глубину гумусового слоя на минеральных почвах. Поверхностная обработка почвы под них снижает урожай и ухудшает его качество.

На сильно задерненных участках или с наличием кочек при любой степени осушения и под все сельскохозяйственные культуры обязательно применяют фрезерование или дискование целины перед вспашкой. Это значительно улучшает качество вспашки и разделки пласта.

При обработке маломощных торфяников припахивают минеральный грунт и перемешивают его с торфяным. Если же подстилающий слой сильно оглеен или содержит прослойки железистых соединений, то вместо припашки делают рыхление подпахотного слоя. Такие приемы увеличивают глубину проникновения корней и улучшают воздухообмен в корнеобитаемом слое почвы.

На минеральных почвах с маломощным гумусовым горизонтом проводят припахивание подстилающего слоя с обязательным внесением органических удобрений повышенными нормами.

До посева раньше обрабатывают почвы тяжелого механического состава, а затем супесчаные и песчаные.

Одновременно с разделкой пласта проводят выравнивание поверхности почвы. Сюда входит разравнивание свальных гребней, разъемных борозд, естественных и искусственных неровностей рельефа. При этом на торфяных почвах перед каждым проходом планировщика почву прикатывают водоналивными катками.

Известкованию подлежат как вновь осваиваемые, так и старопахотные почвы, имеющие кислую реакцию среды; почвы со щелочной реакцией подлежат гипсованию.

Кроме снижения кислотности, известкование улучшает азотное и фосфорное питание растений в результате как разложения органического вещества почвы, так и перехода труднодоступных фосфатов железа и алюминия в более доступные фосфаты кальция. На известкованных почвах повышается доступность калия и ряда микроэлементов, устраняется вредное действие алюминия и марганца. Известкование повышает эффективность вносимых удобрений и способствует ускорению окультуривания кислых почв. Известкованные почвы имеют более благоприятный водный и воздушный режимы.

Нормы извести рассчитывают на нейтрализацию гидролитической кислотности по формуле

$$Д_р = 5ГНА, \qquad (27.1)$$

где $Д_р$ — расчетная норма $CaCO_3$, т/га; $Г$ — гидролитическая кислотность, мг·экв. на 100 г почвы; $Н$ — мощность известкуемого слоя, м; $А$ — средняя плотность почвы, г/см³.

Для пересчета нормы $CaCO_3$ в физическую величину вносимого известкового материала используют формулу

$$Д_ф = Д_р\, 10^6/[К\,(100 - В)\,(100 - Б)], \qquad (27.2)$$

где $Д_ф$ — физическая норма известкового материала, т/га; $К$ — содержание $CaCO_3$ в материале, %; $В$ — содержание влаги в известковом материале, %

27.1. Нормы извести для осушаемых минеральных почв в зависимости от pH, т/га

pH (солевой вытяжки)	Песчаные	Супесчаные	Легкосуглинистые
3,8...3,9	4,0...6,0	7,0...9,0	8,5...10,5
4,0...4,1	4,5...5,5	6,5...7,5	8,0...9,0
4,2...4,3	4,0...5,0	5,6...6,5	7,0...8,0
4,4...4,5	3,5...4,5	4,5...5,5	6,0...7,0
4,6...4,7	3,0...4,0	4,0...5,0	5,5...6,5
4,8...4,9	2,5...3,5	3,5...4,5	5,0...6,0
5,0...5,1	2,0...3,0	3,0...4,0	4,5...5,5
5,2...5,3	1,5...2,5	2,5...3,5	4,5...5,0
5,4...5,5	1,0...2,0	2,0...3,0	3,5...4,5
5,6...5,7	1,0...2,0	1,5...2,5	3,0...4,0
5,8...5,9	Известкование не требуется		2,5...3,5
6,0...6,1			Известкование
6,2...6,3	»		не требуется

Продолжение

pH (солевой вытяжки)	Среднесуглинистые	Тяжелосуглинистые	Глинистые
3,8...3,9	10,0...11,5	12,0...14,0	14,0...18,0
4,0...4,1	9,5...10,5	11,0...13,0	12,0...14,0
4,2...4,3	8,0...9,0	10,0...11,0	12,0...13,0
4,4...4,5	7,0...8,0	9,0...10,0	10,0...11,0
4,6...4,7	6,5...7,5	8,0...9,0	8,5...9,5
4,8...4,9	6,0...7,0	7,0...8,0	7,5...8,5
5,0...5,1	5,5...6,5	6,0...7,0	7,0...8,0
5,2...5,3	5,0...6,0	5,5...6,5	6,0...7,0
5,4...5,5	4,0...5,0	5,0...6,0	5,5...6,5
5,6...5,7	3,5...4,5	4,0...5,0	4,5...5,5
5,8...5,9	3,0...4,0	3,5...4,5	4,0...5,0
6,0...6,1	Известкование не требуется	3,0...4,0	3,5...4,5
6,2...6,3		2,0...3,0	3,0...4,0

на сухую навеску; *Б* — содержание частиц крупнее 1 мм в известковом материале, %.

Если данных о гидролитической кислотности нет, то примерные нормы извести для минеральных почв определяют по величине pH почвы (табл. 27.1).

На торфяных почвах нормы извести рассчитывают путем умножения показателя гидролитической кислотности на коэффициенты 0,20 (переходные) и 0,25 (низинные болота) или принимают на переходных с pH 4,2...4,6—5...6 т/га и pH 4,6...4,8—3...5 т/га, на низинных с pH 4...5—4...5 т/га и pH 5,1...5,5—2...3 т/га.

Содержание $CaCO_3$ в применяемых известковых материалах приведено ниже:

	Содержание $CaCO_3$, %
Известняковая и доломитовая мука	85...100
Сланцевая зола:	
пылевидная	70...80
колосниковая	60...70
Цементная пыль	60...85

Мел	90...100
Известковый туф	75...95
Известковый сапропель	50...75
Гажа (озерная известь)	80...100
Дефекат	50...60

Нормы гипса на солонцеватых почвах рассчитывают, исходя из количества поглощенного натрия по формуле

$$Д_р = 8{,}6\,(П - 0{,}1Т)\,НА, \qquad (27.3)$$

где $Д_р$ — расчетная норма $CaSO_4$, т/га; $П$ — содержание поглощенного натрия, мг·экв. на 100 г почвы; $Т$ — емкость поглощения, мг·экв. на 100 г почвы; $Н$ — мощность солонцеватого горизонта, м; $А$ — средняя плотность почвы, г/см³.

В качестве гипсосодержащих материалов применяют гипс сыромолотый, фосфогипс и глиногипс с содержанием $CaSO_4$ соответственно 71...73, 70...75 и 63...92%.

Физическую норму (т/га) гипсосодержащего материала определяют по формуле

$$Д_ф = \frac{Д_р\,10^4}{К\,(100 - В)}, \qquad (27.4)$$

где $Д_р$ — расчетная норма $CaSO_4$, %; $В$ — содержание влаги в материале, % на сухую навеску; $К$ — содержание $CaSO_4$, %.

Известь и гипс применяют после капитальной планировки и выравнивания почвы осенью или весной.

Нормы извести более 6 т/га вносят в два приема: 4 т/га под вспашку, 2 т/га под дискование. Высокие расчетные нормы гипса допустимо вносить в течение двух-трех лет равными долями.

Повторное известкование проводят на основании данных агрохимического обследования почв.

Система удобрений на осушаемых землях предусматривает восстановление плодородия почв, нарушенного в процессе выполнения мелиоративных и культуртехнических работ, а также повышение эффективного почвенного плодородия в процессе окультуривания и сельскохозяйственного использования земель.

Во все вновь осваиваемые минеральные почвы, особенно низкого плодородия, вносят органические удобрения (табл. 27.2).

При выполнении на осваиваемой площади нескольких видов работ норму (т/га) органических удобрений определяют по формуле

$$Д = Д_1 + (Д_2 + Д_3 + \ldots + Д_n)/n, \qquad (27.5)$$

где $Д_1$ — норма удобрений, связанная с работой, приводящей к наибольшей потере плодородия почвы, т/га; $Д_2$, $Д_3$, $Д_n$ — нормы удобрений для других видов работ, т/га; n — число видов работ.

В период окультуривания почвы органические удобрения вносят ежегодно (табл. 27.3), а затем применяют в соответствии с системой удобрений в севооборотах.

Содержание основных элементов питания в отдельных видах органических удобрений приведено в таблице 27.4.

Нормы фосфорных и калийных удобрений для создания требуемого уровня содержания фосфора и калия приведены в таблице 27.5.

Примерные нормы минеральных удобрений под различные культуры на осушаемых минеральных почвах приведены в таблице 27.6.

На кислых почвах с низким содержанием подвижного фосфора применяют фосфоритную муку (фосфоритование) в чистом виде или в составе компостов (табл. 27.7). Одновременное применение фосфоритной муки и

27.2. Единовременные нормы органических удобрений в расчете на стандартный торфонавозный компост для восстановления плодородия минеральных почв, нарушенного при проведении мелиоративных и культуртехнических работ, т/га

Вид работ	Естественное плодородие почвы		
	низкое	среднее	высокое
Строительство систематической осушительной или оросительной сети:			
закрытой	30	20	15
открытой	45	30	20
Корчевка кустарника и мелколесья:			
редкого	30	20	10
средней густоты	45	30	15
густого	60	40	20
Раздельное удаление надземной части древесной растительности и корней при зарастности:			
редкой	15	10	5
средней густоты	30	20	10
густой	45	30	15
Корчевка пней и деревьев диаметром более 12 см на 1 га:			
до 100	30	20	10
100...200	45	30	15
более 200	60	40	20
Корчевка и вывозка камней, м³/га:			
до 20	15	10	5
20...50	30	20	10
более 50	45	30	15
Ликвидация профильных земляных сооружений (засыпка ям, каналов и пр.), м³/га:			
до 100	15	10	5
100...150	30	20	10
более 150	45	30	15

известь допустимо при внесении в разные слои или разные сроки, например под вспашку и под дискование или осенью и весной.

Несмотря на высокое содержание общего азота в торфяных почвах, в первые годы освоения необходимо вносить в них азотные удобрения под все сельскохозяйственные культуры, особенно многолетние злаковые травы. В первую очередь это относится к переходным торфяникам, а также к низинным со слабой степенью разложения торфа, особенно в северных и северо-западных районах Нечерноземной зоны РСФСР, Сибири и на Дальнем Востоке.

27.3. Норма органических удобрений в период окультуривания осушаемых минеральных почв

Естественное плодородие почвы	Норма удобрений, т/га	Продолжительность периода окультуривания, лет
Низкое	80...100	3...4
Среднее	60...70	2...3
Высокое	40...50	1...2

27.4. **Содержание основных элементов питания** (% на сухое вещество) **в отдельных видах органических удобрений**

Вид органических удобрений	Вода	N		P_2O_5	K_2O
		общий	легкогидролизуемый		
Навоз на соломенной подстилке	75...80	0,71	0,18	0,48	0,52
Навоз на торфяной подстилке	75...80	0,63	0,18	0,31	0,51
Торфонавозный компост	60...75	2,0...3,5	0,06...0,50	0,2...0,4	0,4...1,2
Торфоизвестковый компост	55...75	3,0...3,2	0,03...0,08	0,01...0,08	0,20
Торфофосфоритный компост	55...75	2,9...3,2	0,04...0,16	0,4...2,0	0,20
Торфофекальный компост	65...75	2,0...3,2	0,08...0,45	0,08...0,45	0,6...1,5
Торфожижевой компост	65...80	2,0...4,2	0,12...0,70	0,15...0,40	1,5...3,0

27.5. **Нормы фосфорных и калийных удобрений** (кг действующего вещества на 1 га) **для создания требуемого уровня** (мг на 100 г почвы) **содержания их в осушаемых минеральных почвах**

Почва	Фосфатные		Калийные	
	требуемый уровень	норма	требуемый уровень	норма
Глинистая и тяжелосуглинистая	8	80	10	60
Средне- и легкосуглинистая	10	60	12	40
Супесчаная и песчаная	10	45	12	30

Большинство торфяных почв имеет низкое содержание фосфора, поэтому фосфорные удобрения эффективны на всех торфяниках, за исключением тех, которые имеют высокое содержание вивианита (фосфорнокислая закись железа). Эффективность их, как и азотных удобрений, повышается по мере продвижения с юга на север, от низинных к переходным почвам.

Калийные удобрения высокоэффективны как на вновь осваиваемых, так и на старопахотных торфяниках.

Нормы фосфорных и калийных удобрений для создания требуемого уровня содержания фосфора и калия приведены в таблице 27.8.

Примерные нормы удобрений под различные сельскохозяйственные культуры в период окультуривания торфяных почв приведены в таблице 27.9.

Для фосфоритования торфяных почв нормы фосфоритной муки указаны в таблице 27.10.

Сроки внесения минеральных удобрений определяются водным режимом. На хорошо осушенных торфяниках, где грунтовые воды находятся не выше 60...70 см от поверхности, фосфорно-калийные удобрения можно вносить осенью. На торфяных почвах пойм не рекомендуется заблаговременно вносить калийную соль, хлористый калий и суперфосфат. Все виды азотных удобрений, особенно нитратные формы азота, рекомендуется вносить непосредственно перед посевом или посадкой возделываемых культур, а также в подкормки.

27.6. Примерные нормы минеральных удобрений при первичном окультуривании осушаемых минеральных почв (кг действующего вещества на 1 га)

Культуры и угодья	Уровень плодородия почвы								
	высокий			средний			низкий		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Зерновые, однолетние травы	30...40	60...70	60...80	40...50	60...70	80...100	50...60	70...80	90...110
Картофель, корнеплоды, лен	40...50	50...70	70...90	40...60	60...70	80...100	50...80	60...80	90...120
Капуста	80...110	60...80	100...120	100...130	70...80	120...140			
Кукуруза	80...110	60...80	100...120						
Соя, горох	45...60	60...70	60...70	50...60	70...80	70...80	70...80	80...100	90...110
Многолетние травы на сено	50...60	60...80	70...90	60...70	70...80	80...100	70...90	90...100	90...110
Многолетние травы на травяную муку, пастбища	180...240	60...90	90...120	240...300	90...110	110...130			

Примечание. Если нормы не указаны, то возделывать культуры при данном уровне плодородия нецелесообразно.

27.7. Нормы (кг действующего вещества на 1 га) фосфоритной муки с содержанием P_2O_5 19% на осушаемых минеральных почвах

Содержание P_2O_5 (мг) на 100 г почвы (по А. Т. Кирсанову)	Почвы		
	глинистые и тяжелосуглинистые	средне- и легкосуглинистые	супесчаные и песчаные
0...2,5	380	285	230
2,5...5	285	230	190

27.8. Нормы фосфорных и калийных удобрений (кг действующего вещества на 1 га) для повышения содержания подвижного фосфора и обменного калия на 1 мг на 100 г торфяных почв

Почва	Фосфорные		Калийные	
	по А. Т. Кирсанову и Ф. В. Чирикову	по Б. П. Мачигину	по А. Л. Масловой	по П. В. Протасову
Торфяная низинного типа	10	25	10	5
Торфяная переходного типа	8	—	8	—

27.9. Примерные нормы (кг действующего вещества на 1 га) **навоза и минеральных удобрений при первичном окультуривании торфяных почв**

	Культура	Навоз, т/га	N	P_2O_5	K_2O
Район Нечерноземной зоны РСФСР:					
Северный	Однолетние, многолетние травы на сено	10...15	60...80	70...90	100...130
	Многолетние травы на выпас, травяную муку	10...15	160...240	100...120	150...180
	Корнеплоды	10...15	60...80	100...120	150...180
Северо-Западный	Зерновые, однолетние и многолетние травы на сено	5...10	45...60	60...80	90...120
	Многолетние травы на выпас, травяную муку	5...10	140...210	80...100	120...150
	Корнеплоды	5...10	45...60	70...90	120...150
Центральный	Зерновые, однолетние и многолетние травы на сено	—	—	45...60	120...150
	Многолетние травы на выпас, травяную муку	—	120...150	45...90	120...180
	Корнеплоды	—	30...45	45...60	180...240
Волго-Вятский	Зерновые, однолетние и многолетние травы на сено	—	45...60	45...90	90...160
	Многолетние травы на выпас, травяную муку	—	140...180	90...110	120...180
	Корнеплоды	—	30...45	60...90	120...210
Белоруссия	Многолетние травы:				
	на сено	—	—	90...100	90...120
	на выпас и травяную муку	—	—	120...180	120...150
Прибалтика	Многолетние травы:				
	на сено	—	—	90...120	100...120
	на выпас и травяную муку	—	—	120...180	90...100
Украина	Многолетние травы:				
	на сено	—	—	45...60	90...100
	на выпас и травяную муку	—	—	45...60	100...120

27.10. Нормы (кг действующего вещества на 1 га) **фосфоритной муки с содержанием P_2O_5 19% на торфяных почвах**

Содержание P_2O_5 на 100 г почвы (по А. Т. Кирсанову)	Почва		Содержание P_2O_5 на 100 г почвы (по А. Т. Кирсанову)	Почва	
	торфяная низинная	торфяная переходная		торфяная низинная	торфяная переходная
До 5	280	240	10...15	150	120
5...10	190	160	15...20	120	90

Рекомендуемые (РД 33-3,5-01—83 «Окультуривание и сельскохозяйственное использование мелиорируемых минеральных земель») дозы удобрений должны корректироваться проектно-изыскательскими станциями химизации и областными (краевыми, республиканскими) зональными агрохимлабораториями в соответствии с данными научно-исследовательских организаций по результатам полевых опытов с удобрениями.

Торфяные почвы даже при первичном окультуривании, как правило, не нуждаются в органических удобрениях. Исключение составляют низинные и переходные торфяники со слаборазложившимся торфом (степень разложения ниже 25...30%), на которых в период освоения рекомендуется вносить соответственно 15...20 и 20...30 т/га навоза. В этом случае основная роль органических удобрений заключается в обогащении пахотного слоя агрономически ценной микрофлорой.

Торфяные осушаемые почвы характеризуются низким содержанием многих микроэлементов в доступной для растений форме (медь, бор, молибден и др.), поэтому в них необходимо вносить микроудобрения. Высокий эффект даст также применение бактериальных удобрений. Виды, нормы и способы внесения микроудобрений и бактериальных удобрений такие же, как и на суходольных почвах.

Многие неблагоприятные свойства торфяных почв, особенно их тепловой режим, можно устранить путем добавок минерального грунта. Этот прием имеет особенно важное значение для северных и восточных районов Нечерноземной зоны РСФСР, Сибири и Дальнего Востока. Кроме прямого положительного влияния на почвенные процессы и возделываемые культуры, добавки минерального грунта вызывают повышение несущей способности почвы, что обеспечивает лучшую проходимость машин и сельскохозяйственных агрегатов, снижает опасность пожаров и ветровой эрозии.

Минеральный грунт применяют на торфяных почвах с зольностью менее 15%, а на ожелезненных торфах независимо от их зольности.

В качестве минеральных добавок можно использовать пески, супеси, суглинки и глины. Основные требования к добавляемым грунтам — отсутствие вредных для растений закисных соединений, нейтральная реакция среды и однородность по механическому составу.

Нормы минерального грунта для овоще-кормовых севооборотов составляют 400...500 м³/га, а полевых и лугово-кормовых — 200...300 м³/га.

Для Северного района Нечерноземной зоны РСФСР и Сибири нормы вносимого грунта увеличивают на 20...30%.

Внесение минерального грунта на торфяники не исключает их известкования.

Почву в год внесения грунта и по возможности в последующие годы обрабатывают путем дискования или фрезерования. При такой обработке достигается равномерное перемешивание торфа с применяемым грунтом.

На осушаемых землях с первого года освоения можно выращивать любую районированную сельскохозяйственную культуру, вводить севооборот или проводить залужение, если обеспечены благоприятные водно-воздушный и питательный режимы в корнеобитаемом слое и проведена тщательная подготовка почвы.

27.11. Травосмеси и нормы высева (кг/га) семян трав на осушаемых минеральных почвах

Вид трав	Сенокосы		Пастбища			
			на осушительных системах		на осушительно-увлажнительных системах	
	внепойменные	пойменные	внепойменные	пойменные	внепойменные	пойменные
Травосмеси долголетнего пользования						
Злаковые						
Тимофеевка луговая	4...6	6...8	6...8	8...10	6...8	4...6
Овсяница луговая	6...8	—	6...8	—	4...6	6...8
Мятлик луговой	—	—	2...4	4...6	4...5	2...4
Кострец безостый	6...8	(4...6)	—	—	—	6...8
Лисохвост луговой	(6...8)	—	4...6	(4...6)	—	(6...8)
Райграс пастбищный	—	—	2...4	—	2...4	—
Двукисточник тростниковый	—	8...10	—	—	—	—
Полевица белая	—	(4...6)	—	(4...6)	(4...6)	—
Ежа сборная	(4...6)	—	5...6	—	—	—
Бобовые						
Клевер луговой	8...10	—	6...8	—	4...6	—
Клевер гибридный	—	—	—	—	—	—
» ползучий	—	—	4...5	4...6	5...6	4...6
Люцерна гибридная	—	—	—	—	—	6...8
Норма высева травосмеси	24...32	18...24	29...41	20...22	25...35	28...40
Травосмеси краткосрочного пользования						
Злаковые						
Тимофеевка луговая	6...8	10...12	6...8	—	6...8	4...6
Овсяница луговая	6...8	—	8...10	—	9...10	8...10
Кострец безостый	—	—	—	—	—	—
Бобовые						
Клевер луговой	12...14	—	8...10	—	4...6	6...8
» гибридный	—	6...8	—	—	—	—
» ползучий	—	—	4...5	—	6...8	4...5
Норма высева травосмеси	24...30	16...20	26...33	—	24...32	22...29

Примечание. В скобках указаны нормы высева взаимозаменяемых трав. При посеве под покров нормы высева увеличивают на 10...20%. В лесных районах Западной Сибири нормы высева костреца безостого увеличивают до 12 кг/га. На Дальнем Востоке в составе травосмесей целесообразны: клевер луговой — 4...5 кг/га, тимофеевка луговая — 6...8, овсяница луговая — 6...8 и лисохвост луговой — 5...6 кг/га.

27.12. Травосмеси и нормы высева (кг/га) семян трав на осушаемых торфяных почвах

	Вид трав	Сенокосы			Пастбища	
		внепойменные	пойменные (затопление до 15 сут)	пойменные (затопление более 15 сут)	внепойменные	пойменные (затопление до 15 сут)
Нечерноземная зона РСФСР	Тимофеевка луговая	6...8	6...8	4...6	4...6	6...8
	Овсяница луговая	10...12	(8...10)	—	8...10	—
	Лисохвост луговой	(6...8)	(4...6)	(6...8)	(6...8)	(8...10)
	Двукисточник тростниковый	—	—	(10...12)	—	—
	Кострец безостый	(8...10)	(10...12)	—	(8...10)	(8...10)
	Полевица белая	—	—	(4...6)	—	4...6
	Мятлик луговой	—	—	—	4...6	4...6
	Клевер луговой	6...8	—	—	—	—
	» гибридный	—	5...6	5...6	—	—
	» ползучий	—	—	—	4...6	4...6
Урал	Лядвенец рогатый	—	4...6	4...6	—	—
	Тимофеевка луговая	6...8	6...8	—	—	6...8
	Овсяница луговая	8...10	6...8	—	8...10	—
	Лисохвост луговой	—	—	6...8	(8...10)	(8...10)
	Двукисточник тростниковый	—	—	10...12	—	—
	Кострец безостый	10...12	10...12	—	(10...12)	(10...12)
	Полевица белая	—	—	4...6	—	—
	Мятлик луговой	—	—	—	4...5	4...5
	Клевер луговой	4...5	—	—	—	—
	» гибридный	—	5...6	—	—	4...6
	» ползучий	—	—	—	4...5	—
Сибирь	Лядвенец рогатый	—	—	4...6	—	—
	Тимофеевка луговая	8...10	(8...10)	8...10	8...10	8...10
	Овсяница луговая	8...10	(8...10)	—	8...10	8...10
	Лисохвост луговой	—	5...6	—	—	—
	Двукисточник тростниковый	—	—	6...8	—	—
	Кострец безостый	8...10	10...12	12...15	(8...10)	(10...12)
	Полевица белая	—	—	5...6	—	—

	Пырей бескорневищный	8...10	8...10	—	(8...10)	(10...12)
	Мятлик луговой	—	—	—	4...5	4...5
Дальний Восток	Тимофеевка луговая	(6...8)	6...8	5...6	8...10	6...8
	Овсяница луговая	(6...8)	—	—	8...10	—
	Лисохвост луговой	6...8	6...8	8...10	6...8	6...8
	Кострец безостый	10...12	10...12	10...12	—	10...12
	Полевица белая	—	4...6	4...6	—	—
	Мятлик луговой	—	—	—	4...6	4...6
	Клевер луговой	6...8	—	—	—	—
	» ползучий	—	—	—	4...5	4...5
Белоруссия и Прибалтика	Тимофеевка луговая	8...10	(6...8)	6...8	6...8	8...10
	Овсяница луговая	8...10	(8...10)	—	6...8	6...8
	Лисохвост луговой	—	(6...8)	(8...10)	—	(8...10)
	Кострец безостый	(6...8)	6...8	—	—	—
	Полевица белая	—	(4...6)	(4...6)	—	(4...6)
	Мятлик луговой	—	—	—	4...5	4...5
	Ежа сборная	(6...8)	—	—	6...8	—
	Двукисточник тростниковый	—	6...8	10...12	—	—
	Клевер луговой	6...8	—	—	—	—
	» гибридный	—	4...6	—	—	—
	» ползучий	—	—	—	4...5	4...5
Украина	Тимофеевка луговая	(7...8)	(8...9)	8...9	(7...8)	(7...8)
	Овсяница луговая	(12...14)	—	—	(12...14)	(12...14)
	Ежа сборная	(12...14)	—	—	(12...14)	—
	Кострец безостый	(12...14)	(10...12)	6...8	(12...14)	(12...14)
	Лисохвост луговой	—	8...9	8...9	—	(8...9)
	Мятлик луговой	—	—	—	3...4	3...4
	Двукисточник тростниковый	—	6...8	6...8	—	—
	Клевер луговой	(6...8)	—	—	—	—
	» гибридный	(4...5)	(4...5)	—	—	—
	» ползучий	—	—	—	4...5	4...5
	Люцерна посевная	(5...7)	—	—	—	—

Примечание. В скобках указаны нормы высева взаимозаменяемых трав.

В зависимости от местных условий и специализации хозяйств-землепользователей вводят полевые, кормовые, овощные и лугопастбищные севообороты. Для посева используют районированные высокоурожайные сорта сельскохозяйственных культур.

На землях с осушительно-увлажнительными системами в первую очередь проектируют и вводят овощные севообороты и культурные пастбища.

При низком естественном плодородии почв, а также при засоренности почв древесно-корневыми остатками и камнями в первые годы освоения выращивают предварительные культуры. В их составе могут быть сидераты из семейства бобовых: люпины, донник, сераделла, чина, конские бобы и др. С целью ускорения процесса окультуривания осушаемых земель в качестве предварительных культур целесообразно использовать пропашные с внесением повышенных доз органических удобрений.

Ускоренное залужение осуществляют при необходимости сразу после проведения мелиоративных и культуртехнических работ на почвах с высоким и средним уровнем естественного плодородия, где возделывание других культур невозможно и нецелесообразно.

Повышение продуктивности естественных лугов на осушаемых землях проводят путем коренного и поверхностного их улучшения.

Поверхностное улучшение осуществляют на сенокосах и пастбищах, которые содержат не менее 20% ценных видов трав, находящихся в угнетенном состоянии.

Комплекс мероприятий по поверхностному улучшению включает уборку мусора, камней и наносов, боронование и прикатывание, подкормку удобрениями, уничтожение сорной растительности, омоложение травостоя рыхлением дернины и почвы, разравнивание экскрементов животных на пастбищах, подкашивание несъеденной после пастьбы травы, уничтожение куртинных кустарников и др.

Коренное улучшение сенокосов и пастбищ предусматривает выполнение комплекса работ, направленных на полное уничтожение естественного и формирование нового травостоя путем посева высокоурожайных трав.

При составлении травосмесей для залужения учитывают характер использования кормовых угодий (сенокос, пастбища), плодородие почв, степень ее увлажнения и другие факторы (табл. 27.11 и 27.12).

27.2. ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ

На выработанных торфяниках в первую очередь должно быть проведено переустройство осушительной сети с учетом гидрогеологических условий и планируемого сельскохозяйственного использования. Затем необходимо выполнять комплекс культуртехнических работ: уборку пней, погребенной древесины и мелких корневых остатков, выравнивание поверхности (заравнивание ям, старых картовых каналов и т. д.), а также первичную обработку. На участках, где выработка торфа закончилась более 4...6 лет назад, кроме того, требуется ликвидация кустарника, а иногда и срезка кочек.

Удаление древесно-кустарниковой растительности и погребенной древесины проводят путем измельчения ее на месте и перемешивания с почвой.

При мощности торфа более 0,5 м измельчение и перемешивание древесной растительности проводят на глубину до 40 см. На участках с меньшей мощностью торфа (0,2...0,4 м) обрабатываемый слой уменьшают до 10...15 см, а затем проводят вспашку в пределах торфяного слоя (с допустимым припахиванием подстилающего).

Возможно корчевание пней и кустарника раздельным способом. Мелкий (1,5...2,0 м) кустарник с преобладанием в его составе ольхи и березы может быть запахан на глубину 25...30 см. Не рекомендуется запахивать ивовый кустарник.

Планировку и выравнивание поверхности осуществляют с применением обычных технологий.

Последующие работы по окультуриванию выработанных торфяников имеют свои особенности, которые заключаются в специфических системах обработки почвы и удобрений, направленных на усиление аэрации, активизацию биологических процессов, накопление доступных растениям элементов зольной и азотной пищи с одновременным закреплением и накоплением органического вещества в почве. Не менее важная задача — разложение вредных закисных соединений, превращение их в окисные, безвредные для сельскохозяйственных культур.

На выработанных после добычи торфа площадях целесообразно создавать торфоминеральные почвы, более устойчивые к эрозии и непожароопасные.

Система обработки почвы выработанных торфяников должна способствовать очищению почвы от сорной растительности, а также регулировать водно-воздушный и питательный режимы.

Выбор способа первичной обработки почвы зависит от мощности остаточного торфа, закочкаренности, планируемого сельскохозяйственного использования и т. д.

Технология обработки выработанных торфяников в период освоения в зависимости от слоя остаточного торфа показана в таблице 27.13.

27.13. Технология обработки выработанных торфяников разной давности в период освоения

Мощность торфа, см	Способ обработки	
	свежевыработанных незаросших торфяников	торфяников давней выработки, заросших растительностью
0...15	Дискование тяжелыми дисковыми боронами в 3...4 следа	Вспашка с последующим дискованием или фрезерование машинами типа МТП на глубину 15...18 см
15...30	Безотвальное рыхление кустарниково-болотными или другими плугами на глубину, превышающую мощность торфа на 3...5 см, с последующей обработкой тяжелыми дисковыми боронами	Вспашка с припахиванием минерального грунта (песка — до 6 см, суглинка — 3...4 см); разделка пласта дискованием в 3...4 следа (взамен можно проводить фрезерование машинами типа МТП на ту же глубину)
30...50	Безотвальное рыхление на всю глубину торфяного слоя и контактного горизонта с последующим дискованием	Вспашка на глубину 25...30 см с разделкой пласта дискованием, в сочетании с безотвальным рыхлением всего торфяного слоя и контактного горизонта (взамен можно проводить фрезерование машинами типа МТП на 10...15 см с последующей вспашкой на 30...35 см кустарниково-болотными плугами и разделкой пласта дискованием)
Более 50	Безотвальная обработка на 30...35 см с последующим дискованием	Вспашка на 30...35 см кустарниково-болотными плугами и дискование пласта при фрезеровании машинами типа МТП на 40 см; на чистых от древесины участках под культуры сплошного рядового сева (зерновые, травы) обработку почвы можно проводить болотными фрезами без вспашки

27.14. **Примерные нормы минеральных удобрений (кг действующего вещества на 1 га) и навоза (т/га) в период окультуривания выработанных торфяников**

	Культура	Низинный торф				Переходный торф			
		навоз	N	P_2O_5	K_2O_5	навоз	N	P_2O_5	K_2O
Районы Нечерноземной зоны РСФСР:									
Северный и Северо-Западный	Многолетние травы на сено и семена, зерновые	10...15	50	70	80	15	60	80	90
	Многолетние травы на выпас и травяную муку	10...15	180	90	115	15	230	115	120
	Картофель, корнеплоды	15...20	50	80	115	15...20	70	115	120
	Кормовая капуста	15...20	70	90	115	15...20	115	115	120
Центральный	Многолетние травы на сено и семена, зерновые	10...15	—	50	110	10...15	50	70	110
	Многолетние травы на выпас и травяную муку	10...15	130	60	125	10...15	160	85	125
	Картофель, корнеплоды	15...20	—	50	140	15...20	60	70	150
	Капуста, кукуруза на силос	15...20	40	60	175	15...20	65	85	195
Волго-Вятский	Многолетние травы на сено и семена, зерновые	10...15	50	60	100	15	50	90	100
	Многолетние травы на выпас и травяную муку	10...15	160	100	125	15	195	125	125
	Картофель, корнеплоды, лук	15...20	40	70	140	15...20	50	100	140
	Капуста	15...20	70	100	140	15...20	90	115	110

Урал	Многолетние травы на сено и семена, однолетние культуры	10...15	70	80	90	15...20	90	110	90
	Многолетние травы на выпас и травяную муку	10...15	200	110	125	15...20	260	130	125
	Корнеплоды	15...20	70	110	125	20...25	90	130	120
	Кормовая капуста	15...20	100	115	125	20...25	125	130	120
Украина	Многолетние травы на сено и семена	—	—	45	100	10...15	60	50	110
	Многолетние травы на выпас, травяную муку	—	60	50	100	—	90	60	110
	Кукуруза, овес на силос	—	30	50	120	—	45	60	120
	Кормовая свекла, картофель	—	60	60	120	—	90	70	120
	Озимая и яровая пшеница	—	50	50	100	—	45	60	110
Белоруссия	Многолетние травы на сено и семена	—	90	60	150	10...15	110	70	150
	Картофель, горохо-овсяная смесь на силос	—	45	60	120	—	60	70	120
	Зерновые	—	—	50	100	—	45	60	110
	Кормовая капуста	—	30	70	150	—	60	90	150
Прибалтика	Многолетние травы на сено и семена	—	60	70	90	—	90	90	100
	Многолетние травы на выпас и травяную муку	—	180	70	180	—	240	90	180
	Картофель	—	—	50	120	—	45	60	120

На участках, недавно освободившихся от торфоразработок, а также сослабой степенью разложения торфяного слоя независимо от времени прекращения добычи торфа первичную обработку проводят в середине лета для подготовки площади к посеву на следующий год. На торфяниках с мощной сильносвязной дерниной перед вспашкой проводят фрезерование в один-два следа болотными фрезами или дискование тяжелыми дисковыми боронами в два-три следа во взаимно перекрестных направлениях.

Если остаточный слой торфа подстилается мощным слоем суглинка или глины, то эффективно глубокое (до 80 см) рыхление. Преимущество глубокой обработки перед мелкой не всегда сказывается в первый год, но обязательно проявляется в последующие годы на всех выработках.

Предпосевная обработка почвы заключается обычно в дисковании с прикатыванием тяжелыми водоналивными катками и только при мощности торфа менее 0,3 м — легкими катками.

Почвы выработанных торфяников при необходимости известкуют, в соответствии с картограммами кислотности.

Добавки минерального грунта (песка, глины) в нормах для обычных торфяных почв улучшают водно-воздушный и термический режим выработанных торфяников, активизируют микробиологическую деятельность почвы. Вносить грунт следует только при слое остаточной залежи торфа более 0,5 м.

При разработке системы удобрений учитывают слабую биологическую активность остаточного слоя торфа. Его основная особенность заключается в том, что в первые годы практически невозможно получить высокий и качественный урожай без удобрений. Примерные нормы минеральных удобрений и навоза под сельскохозяйственные культуры в период окультуривания выработанных торфяников приведены в таблице 27.14. Органические удобрения вносят обязательно в год освоения.

Для установления норм органических удобрений определяющий фактор — мощность остаточного слоя торфа. При мощности торфа менее 10..20 см рекомендуется одноразово вносить до 50...100 т/га навоза в зависимости от возделываемой культуры и зоны ее возделывания. При мощности более 20 см норма снижается до величин, указанных в таблице 27.14. При увеличении мощности пахотного слоя норму удобрений следует увеличивать из расчета 4...5 т навоза на 1 см припашки подстилающего грунта.

Удобрения вносят под дискование тяжелыми дисковыми боронами.

При недостаточном содержании микроэлементов в остаточном слое выработанных торфяников обязательно вносят микроудобрения. Целесообразно применять и бактериальные удобрения, особенно в случаях, когда не вносят навоз.

В целях рационального использования выработанных торфяников на них вводят севообороты различного назначения (как и на осушаемых торфяных почвах) или используют под культурные сенокосы и пастбища с подбором травосмесей применительно к зоне и условиям водного режима. Основные виды многолетних трав укосного использования: кострец безостый, тимофеевка луговая, овсяница луговая, лисохвост луговой, двукисточник тростниковый, клевер луговой и клевер гибридный.

Глава 28. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

28.1. ВИДЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ, СЕВООБОРОТЫ

Направление и характер сельскохозяйственного использования осушаемых земель устанавливаются до осушения, так как от этого зависят способы осушения. При выборе направления использования и состава культур необходимо учитывать особенности водного, теплового режимов осушаемых почв, их химические и физические свойства.

На осушаемых торфяных почвах недопустимы чистые пары, создающие условия для потерь азота и других питательных веществ, а также для развития ветровой эрозии. На них нельзя многократно размещать пропашные культуры во избежание распыления верхнего слоя торфа, интенсивной его минерализации, засорения однолетними и многолетними сорняками и возбудителями болезней растений. На торфяных почвах целесообразно размещать менее теплолюбивые культуры с укороченным вегетационным периодом, более влаголюбивые и требовательные к обильному азотному питанию: кормовые, картофель, капусту, корнеплоды, травы.

Мощные осушаемые торфяники (более 1 м) используют под пашню, при этом в севооборотах многолетние травы должны составлять до 50% и более (табл. 28.1); на маломощных торфяниках создают кормовые угодья, в основном сенокосы.

На осушаемых минеральных почвах размещают полевые (табл. 28.2), кормовые (табл. 28.3) и овощные (табл. 28.4) севообороты. Последние применяют на землях, имеющих осушительно-увлажнительные системы. Осушаемые пойменные земли используют в основном в качестве кормовых угодий. Распашка их допустима только при малых скоростях течения талых вод (до 0,2 м/с) во избежание водной эрозии.

28.2. ОБРАБОТКА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Агротехника на осушаемых торфяных почвах должна быть направлена на поддержание равновесия между разрушением и накоплением органического вещества, сохранение питательных элементов (табл. 28.5).

Систему основной обработки торфяных почв дифференцируют с учетом степени их окультуренности, водного режима и биологических особенностей возделываемых культур. Различают обработку луговой дернины и пласта многолетних трав, полей из-под зерновых и других стерневых культур сплошного сева, обработку после пропашных, обработку полей после промежуточных посевов.

Обработку травяного пласта под озимые культуры начинают после первого или второго укоса трав измельчением дернины тяжелыми дисковыми боронами или фрезами за 30...35 сут до наступления оптимальных сроков сева озимых. Вспашку проводят за 13...15 сут до сева. Обработка иссушенного пласта многолетних трав в бездождевые периоды не обеспечивает хорошего разложения дернины, приводит к низкой всхожести высеянных семян, обусловливает плохую перезимовку озимых.

При возделывании яровых зерновых на торфяных почвах осенью проводят основную обработку, внесение и заделку удобрений, прикатывание. Последнее дискование и прикатывание выполняют с таким расчетом, чтобы

28.1. Примерные севообороты на осушаемых торфяных почвах

	Схемы севооборотов		
	лугово-кормовые	овоще-кормовые	полевые
Районы Нечерноземной зоны РСФСР: Северный	1. Многолетние травы (беспокровный посев) 2...4. Многолетние травы 5. Силосные 6. Турнепс 7. Однолетние травы	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...3. Многолетние травы 4. Капуста 5. Зеленные 6. Силосные 7. Корнеплоды (капуста)	Вводить нецелесообразно
Северо-Западный	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...6. Многолетние травы 7. Силосные 8. Кормовые корнеплоды	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...4. Многолетние травы 5. Картофель 6. Капуста 7. Силосные 8. Корнеплоды	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...3. Многолетние травы 4. Озимые зерновые 5. Картофель 6...7. Яровые зерновые
Центральный	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...7. Многолетние травы 8. Озимая рожь 9. Картофель 10. Корнеплоды кормовые	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...4. Многолетние травы 5. Озимая рожь 6. Капуста 7. Яровые зерновые	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...4. Многолетние травы 5. Озимые зерновые 6. Яровые зерновые 7. Картофель 8. Яровые зерновые

Волго-Вятский	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...6 Многолетние травы 7. Картофель 8. Подсолнечник на силос 9. Корнеплоды кормовые	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...4. Многолетние травы 5. Капуста 6. Корнеплоды 7. Яровые зерновые 8. Корнеплоды	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...4. Многолетние травы 5. Озимые зерновые 6. Картофель 7. Яровые зерновые 8. Зернобобовые
Урал, Сибирь	А.1. Многолетние травы (беспокровный посев) 2...5. Многолетние травы 6. Однолетние травы Б.1. Многолетние травы (беспокровный посев) 2...5. Многолетние травы 6. Однолетние травы 7. Подсолнечник 8. Корнеплоды	Вводить нецелесообразно	Вводить нецелесообразно
Дальний Восток	1. Многолетние травы (беспокровный посев) 2...5. Многолетние травы 6. Однолетние травы 7. Подсолнечник	А.1. Однолетние травы 2. Столовые корнеплоды 3. Белокочанная капуста 4. Картофель Б.1. Многолетние травы (беспокровный посев) 2...4. Многолетние травы 5. Картофель 6. Корнеплоды 7. Капуста 8. Подсолнечник	1...2. Многолетние травы 3. Кукуруза 4. Овес 5. Однолетние травы

Продолжение

	Схемы севооборотов		
	лугово-кормовые	овоще-кормовые	полевые
Белоруссия и Прибалтика	А.1. Ячмень, пожнивный посев многолетних трав 2...8. Многолетние травы 9. Озимые зерновые, пожнивный посев 10. Корнеплоды, картофель Б.1. Овес, пожнивный посев многолетних трав 2...8. Многолетние травы 9. Озимые зерновые, пожнивный посев 10. Однолетние травы	1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...3. Многолетние травы 4. Капуста 5. Корнеплоды столовые 6. Силосные 7. Капуста (корнеплоды)	А.1. Однолетний райграс, поукосный посев многолетних трав 2...5. Многолетние травы 6. Озимая рожь, пожнивный посев 7. Ячмень, пожнивный посев 8. Овес Б.1...4. Многолетние травы 5. Озимая рожь, пожнивный посев 6. Ячмень, пожнивный посев озимой ржи 7. Озимая рожь на зеленый корм, поукосный посев 8. Яровые зерновые
Украина*	А.1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...7. Многолетние травы Б.1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...4. Многолетние травы 5. Кукуруза (на силос) 6. Корнеплоды 7. Кукуруза (на силос)	А.1. Ранний картофель, посев многолетних трав 2...5. Многолетние травы 6. Капуста 7. Корнеплоды Б.1. Однолетние травы, поукосный посев многолетних трав 2...4. Многолетние травы 5. Однолетние травы, поукосный посев озимой ржи на зеленый корм 6. Капуста 7. Корнеплоды	А.1. Яровые зерновые, пожнивный посев многолетних трав 2...6. Многолетние травы 7. Озимые зерновые, пожнивный посев озимой ржи на зеленый корм 8. Кукуруза (на силос) 9. Корнеплоды Б.1. Яровые зерновые, пожнивный посев многолетних трав 2...5. Многолетние травы 6. Озимые зерновые, пожнивный посев однолетних трав 7. Картофель (корнеплоды) 8...9. Кукуруза (на силос)

* Полевые севообороты вводят только в Полесье.

28.2. Примерные полевые севообороты на осушаемых минеральных почвах

	Варианты схем севооборотов		
	I	II	III
Районы Нечерноземной зоны РСФСР:			
Северо-Западный	1. Беспокровный посев многолетних трав 2...3. Многолетние травы 4. Яровые зерновые 5. Картофель 6. Яровые зерновые	1. Однолетние травы+многолетние травы 2...3. Многолетние травы 4. Озимые зерновые 5. Картофель (корнеплоды) 6. Яровые зерновые	
Центральный и Волго-Вятский	1. Яровые зерновые+многолетние травы 2...3. Многолетние травы 4. Лен 5. Озимые зерновые 6. Картофель 7. Яровые зерновые 8. Картофель 9. Яровые зерновые	1. Яровая пшеница+клевер 2. Клевер 3. Озимые зерновые 4. Сахарная свекла 5. Гречиха 6. Картофель 7. Яровые зерновые 8. Пар занятый 9. Озимые зерновые	1. Озимые+клевер 2...3. Клевер 4. Озимые зерновые 5. Лен 6. Пар занятый 7. Озимые зерновые 8. Картофель 9. Яровые зерновые
Урал и Западная Сибирь	1. Яровые зерновые+многолетние травы 2...3. Многолетние травы 4. Яровые зерновые 5. Пар занятый 6. Озимые зерновые	1. Пар занятый 2. Озимые зерновые 3. Картофель 4. Яровые зерновые 5. Зернобобовые 6. Яровые зерновые	
Дальний Восток	1. Яровые зерновые+клевер 2. Клевер 3. Соя 4. Яровая пшеница 5. Соя 6. Картофель	1. Соя 2. Яровая пшеница 3. Соя 4. Яровая пшеница 5. Соя 6. Яровая пшеница	1. Яровые зерновые+многолетние травы 2...3. Многолетние травы 4. Соя 5. Кукуруза 6. Яровая пшеница 7. Соя

Продолжение

	Варианты схем севооборотов		
	I	II	III
Прибалтика и Белоруссия	1...2. Многолетние травы 3. Озимые зерновые 4. Лен 5...6. Яровые зерновые 7. Клевер 8. Озимые зерновые 9. Яровые зерновые	1...2. Многолетние травы 3. Озимые зерновые 4. Яровые зерновые+клевер 5. Клевер 6. Озимые зерновые 7. Ячмень 8. Картофель 9. Ячмень	
Украина	1. Корнеплоды 2. Яровые зерновые+многолетние травы 3...4. Многолетние травы 5. Озимые зерновые 6. Картофель 7. Кукуруза 8. Озимые зерновые	1. Кукуруза 2. Яровые зерновые+многолетние травы 3...4. Многолетние травы 5. Лен 6. Озимые зерновые 7. Картофель 8. Озимые зерновые	1. Картофель 2. Яровые зерновые+клевер 3. Клевер 4. Озимые зерновые 5. Лен 6. Озимые зерновые 7. Ячмень 8. Озимые зерновые

28.3. Примерные кормовые севообороты на осушаемых минеральных почвах

	Варианты схем севооборотов		
	I	II	III
Районы Нечерноземной зоны РСФСР:			
Северо-Западный	1. Ячмень+многолетние травы 2...3. Многолетние травы 4. Силосные 5. Кормовые корнеплоды 6. Однолетние травы 7. Кормовые корнеплоды	1. Беспокровный посев многолетних трав 2...4. Многолетние травы 5. Силосные 6. Кормовые корнеплоды 7. Однолетние травы 8. Кормовые корнеплоды 9. Однолетние травы	

Центральный и Волго-Вятский	1. Однолетние травы 2. Озимые на подкормку 3. Картофель или однолетние травы 4. Яровые зерновые 5. Корнеплоды 6. Силосные	1. Яровые зерновые+многолетние травы 2...3. Многолетние травы 4. Корнеплоды 5...6. Зерновые яровые+клевер	1. Яровые зерновые+многолетние травы 2...3. Многолетние травы 4. Картофель 5. Силосные 6. Корнеплоды 7. Кукуруза 8. Однолетние травы
Урал и Западная Сибирь	1. Яровые зерновые+многолетние травы 2...4. Многолетние травы 5. Кормовые корнеплоды 6. Яровые зерновые	1. Картофель ранний+беспокровный посев трав 2...3. Многолетние травы 4. Кукуруза 5. Яровые зерновые 6. Кормовые зерновые	1. Кормовые корнеплоды 2. Картофель 3...4 Кукуруза
Дальний Восток	1. Яровые зерновые+клевер 2. Клевер 3. Кукуруза 4. Однолетние травы 5. Корнеплоды, бахчевые	1. Яровые зерновые+многолетние травы 2...3. Многолетние травы 4. Картофель 5. Корнеплоды, бахчевые 6. Кукуруза	1. Кукуруза 2. Корнеплоды+бахчевые 3. Кукуруза 4. Однолетние травы
Прибалтика, Белоруссия	1. Яровые зерновые+многолетние травы 2...4. Многолетние травы 5. Озимые+пожнивные посевы 6. Кукуруза 7. Озимые зерновые	1. Картофель ранний+беспокровный посев трав 2...3. Многолетние травы 4. Кормовые корнеплоды 5. Кукуруза 6. Яровые зерновые 7. Однолетние травы+кормовые корнеплоды	
Украина	1. Кукуруза 2. Кормовые корнеплоды 3. Кукуруза 4. Ячмень+многолетние травы 5...8. Многолетние травы	1. Однолетние травы 2. Кормовые корнеплоды 3. Кукуруза 4. Однолетние травы+многолетние травы 5...8. Многолетние травы	1...2. Кукуруза 3. Яровые зерновые+многолетние травы 4...6. Многолетние травы 7. Кукуруза

поле до наступления зимы не успело зарасти сорняками. Это дает возможность посеять культуры в оптимальные (ранние) сроки и обеспечить благоприятные условия для формирования урожая.

После картофеля под яровые культуры поле достаточно перепахать с одновременной подборкой клубней. Хорошо окультуренные почвы после картофеля и капусты под яровые зерновые и многолетние травы обрабатывают дисковыми орудиями, а слабоокультуренные только плугами.

Обработка под поукосные (кормовая капуста, кормовая брюква, турнепс) и пожнивные культуры (озимый рапс, сурепица, редька масличная, смесь вики и пелюшки с овсом) заключается в фрезеровании или в дисковании, заделке удобрений, прикатывании до и после посева. Обработку проводят в течение 2...3 сут после уборки предшественника.

Обработка осушаемых минеральных почв состоит в сочетании вспашки, безотвального рыхления и поверхностных обработок (табл. 28.6 и 28.7).

Для улучшения состава, строения и свойств почвенного профиля, борьбы с сорняками и вредителями периодически (1 раз в 3...4 года) рекомендуется мелиоративная обработка почв специальными орудиями — глубокое рыхление, плантажная, трехъярусная, безотвальная вспашка в сочетании с планировкой поверхности, внесением органических и минеральных удобрений, извести.

28.3. УДОБРЕНИЯ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

На осушаемых торфяных почвах, богатых азотом, вносят главным образом калийные и фосфорные удобрения. Их нормы должны соответствовать количеству доступного для растений азота, образующегося при минерализации торфа. В этом случае уменьшаются потери азота, происходящие в результате его вымывания дренажными водами, и загрязнение поверхностных вод нитратами.

На хорошо осушенных мощных торфяниках, как правило, нет надобности вносить под зерновые культуры азотные удобрения. Подкормка озимых и яровых культур необходима в тех случаях, когда из-за сильного переувлажнения, вызванного атмосферными осадками, или похолодания, растения находятся в угнетенном состоянии. Подкормка многолетних злаковых трав второго и последующих лет пользования необходима в нормах от 30 до 90 кг/га под каждый укос или стравливание в зависимости от продуцирования азота торфяной почвой.

Азотная подкормка высокоэффективна на торфяных почвах при обеспечении их фосфором и калием. Чтобы получить дополнительную продукцию за счет внесения азота, на каждую 1 т сухого вещества трав необходимо 8 кг P_2O_5 и 24 кг K_2O. Если нормы калия более 120, азота более 60 кг/га, то их следует вносить дробно под укосы (стравливания). Всю норму фосфорных удобрений вносят под основную обработку. Примерные нормы фосфорных и калийных удобрений под планируемый урожай в зависимости от их содержания в почве приведены в таблице 28.8.

Сроки внесения фосфорных и калийных удобрений в основном зависят от условий водного режима торфяных почв. Минеральные удобрения лучше вносить незадолго до сева, но можно и заблаговременно (на незатапливаемых участках, например под яровые культуры (ячмень, овес, зернобобовые) ранних сроков сева — осенью или в системе зяблевой обработки, а также под многолетние травы.

Эффективность удобрений повышается, если в начальной фазе развития растения хорошо обеспечены легкоусвояемым фосфором. Внесение гранулированного суперфосфата в дозе 10...20 кг действующего вещества на 1 га одновременно с посевом (с семенами) повышает урожай не менее чем на 10%. Вносить суперфосфат рекомендуется на 2...3 см глубже заделки семян. Это обеспечивает более мощное развитие и рост растений, озимые зерновые лучше перезимовывают.

28.4. Примеры овощных севооборотов на осушаемых минеральных почвах

	Варианты схем севооборотов		
	I	II	III
Северо-Западный район Нечерноземной зоны РСФСР	1. Однолетние травы 2. Капуста 3. Зеленные 4. Капуста 5. Зеленные	1. Однолетние травы+многолетние травы 2. Многолетние травы 3. Капуста 4. Морковь 5. Зеленные 6. Капуста	
Центральный и Волго-Вятский районы Нечерноземной зоны РСФСР, Прибалтика, Белоруссия, Украина	1. Яровые зерновые+клевер 2. Клевер 3. Зеленные 4. Капуста, лук 5. Морковь 6. Столовая свекла 7. Капуста	1. Райграс однолетний+пожнивные посевы 2. Капуста 3. Морковь 4. Капуста 5. Лук, столовая свекла	1. Огурцы 2. Капуста 3. Столовые корнеплоды 4. Томаты 5. Зеленные
Урал и Западная Сибирь	1. Капуста 2. Морковь 3. Картофель 4. Капуста 5. Лук 6. Столовые корнеплоды	1. Капуста 2. Огурцы 3. Лук 4. Томаты	1. Пар чистый или занятый 2. Лук 3. Картофель 4. Капуста 5. Зеленные (2...3 оборота)
Дальний Восток	1. Тыквенные 2. Капуста 3. Томаты 4. Капуста	1. Огурцы 2. Капуста 3. Томаты 4. Лук	1. Капуста 2. Огурцы 3. Томаты 4. Столовые корнеплоды 5. Зеленные

28.5. Обработка торфяных почв в севообороте

№ поля	Культура	Предшественник	Основная обработка под культуры		Предпосевная обработка под культуры	
			основные	промежуточные	основные	промежуточные
1.	Озимые на зерно+пожнивно озимый рапс	Многолетние травы	Дискование дернины вдоль и поперек поля в 2...3 следа, вспашка на глубину 20...25 см	Фрезерование или дискование на глубину 15...18 см стерни озимой ржи или прикатывание	Дискование вдоль и поперек вспашки, внесение удобрений, дискование с боронованием, прикатывание	Прикатывание
2.	Яровые зерновые+пожнивно озимый рапс	Озимые на зерно+пожнивно озимый рапс	Фрезерование на глубину 15...18 см или дискование вдоль и поперек поля	Фрезерование на глубину 15...18 см или дискование стерни зерновых	Внесение удобрений, дискование с боронованием	»
3.	Картофель	Яровые зерновые+пожнивно озимый рапс	Фрезерование на глубину 15...18 см или дискование	—	Внесение удобрений, дискование с боронованием	—
4.	Яровые зерновые+пожнивно озимый рапс	Картофель	Перепашка на глубину 18...20 см или дискование	Фрезерование или дискование стерни зерновых на глубину 15...18 см	Внесение удобрений, дискование с боронованием, прикатывание	Прикатывание
5.	Многолетние травы в год посева под покров однолетнего райграса	Яровые зерновые+пожнивно озимый рапс	Дискование вдоль и поперек поля или фрезерование на глубину 15...18 см	—	Внесение удобрений, дискование с боронованием, прикатывание	—
6.	Многолетние травы	Многолетние травы	Уход за травостоем и внесение удобрений			

28.6. Обработка тяжелосуглинистых почв в полевом севообороте

№ поля	Культура севооборота	Предшественник	Схема обработки	
			основная	предпосевная
1.	Однолетние травы + многолетние травы	Яровые зерновые	Лущение, узкозагонная вспашка, планировка, углубление разъемных борозд и нарезка выводных борозд	Узкозагонная перепашка зяби, планировка, предпосевная культивация с боронованием, выравнивание поверхности, допосевное и послепосевное прикатывание
2.	Многолетние травы	Многолетние травы	—	—
3.	»	»	—	—
4.	Озимые зерновые	»	Дискование, вспашка, планировка, глубокое рыхление или кротование	Дискование или предпосевная культивация, выравнивание поверхности, допосевное и послепосевное прикатывание, бороздование
5.	Картофель (корнеплоды)	Озимые зерновые	Лущение, узкозагонная вспашка с углублением разъемных и нарезкой выводных борозд	Культивация с заделкой борозд, перепашка, планировка, предпосевная культивация, нарезка гребней
6.	Яровые зерновые	Картофель	Культивация, выравнивание, бороздование	Вспашка с заделкой борозд, предпосевная культивация с боронованием, выравнивание поверхности, допосевное и послепосевное прикатывание

28.7. Обработка суглинистых почв в кормовом севообороте

№ поля	Культура севооборота	Предшественник	Схема обработки	
			основная	предпосевная
1.	Яровые зерновые+ +многолетние травы	Силосные	Узкозагонная вспашка, выравнивание, глубокое рыхление или кротование, прикатывание, углубление разъемных и нарезка выводных борозд	Боронование, культивация с заделкой борозд, выравнивание поверхности, послепосевное прикатывание
2.	Многолетние травы	Яровые зерновые	—	—
3.		Многолетние травы	—	—
4.	Корнеплоды		Дискование, вспашка, планировка, глубокое рыхление или кротование, прикатывание	Дискование или перепашка зяби с боронованием, нарезка гребней, послепосевное прикатывание
5.	Яровые зерновые+ +пожнивные культуры	Корнеплоды	Культивация, прикатывание, при необходимости бороздование	Вспашка, предпосевная культивация с боронованием, выравнивание поверхности, послепосевное прикатывание

28.8. Примерные нормы (кг действующего вещества на 1 га) минеральных удобрений под планируемый урожай на торфяных почвах

Содержание подвижных P_2O_5 и K_2O мг на 100 г почвы	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
Планируемый урожай многолетних трав (сухое вещество)								
	5 т/га		7 т/га		9 т/га		11 т/га	
Менее 20	100	180	120	230	140	280	Не планируют	
30	70	120	90	170	110	220	130	260
40	40	60	60	110	80	160	100	200
50	Не планируют		30	60	50	100	70	140
60	»	»	Не планируют		20	40	70	80
Планируемый урожай зерновых культур (зерно)								
	3 т/га		3,5 т/га		4 т/га		4,5 т/га	
Менее 20	100	170	110	185	120	205	Не планируют	
30	95	140	100	155	110	175	115	190
40	65	110	70	125	80	145	85	160
50	35	90	40	95	50	115	55	130
60	10	60	10	65	20	85	25	100

Из микроудобрений наиболее широко применяют медь и бор. Медьсодержащие удобрения в виде медного купороса вносят на вновь осваиваемых торфяных почвах из расчета на 1 га 5...10 кг действующего вещества, а затем 1...2 раза за ротацию севооборота по 2,5...5 кг (обычно одновременно с основной дозой фосфорных и калийных удобрений, с которыми их тщательно перемешивают). Эти удобрения вносят под любую культуру, идущую первой после подъема пласта и в первую очередь под яровые зерновые, озимую пшеницу и многолетние травы на семена. Через год внесение меди повторяют в количестве 2,5...5 кг/га.

В качестве борного удобрения применяют борный суперфосфат, внесение которого в оптимальных дозах по фосфору обеспечивает потребность растений в боре. Можно применять борную кислоту и бормагниевое удобрение.

Кислые торфяные почвы подлежат обязательному известкованию. При расчете норм известковых материалов следует учитывать обменную кислотность, степень насыщенности основаниями, мощность торфяной залежи и среднюю плотность торфа. При pH (солевой вытяжки) менее 3,9 в зависимости от средней плотности пахотного слоя вносят 10...16 т/га известковых материалов в пересчете на $CaCO_3$. На торфяниках с pH 3,9...4,3; 4,3...4,7 и 4,7...5,0 норму известкования уменьшают соответственно до 4...8; 2,5...5 и 1...3 т/га. Торфяные почвы, pH которых выше 5,0, не известкуют. Исключение составляют слаборазложившиеся и ожелезненные торфяники, где невысокие нормы извести (1...2 т/га $CaCO_3$) способствуют мобилизации почвенного азота и фосфора. Лучшим известковым удобрением является доломитовая мука, так как в ней содержится кальций и магний.

Заделывают известь в почву дисковыми орудиями. Послойное внесение (половина нормы при вспашке, половина — при дисковании) не имеет преимуществ по сравнению с внесением только при дисковании. Известкование можно проводить в любое время года, однако зимой выполнять эту работу можно лишь при достаточном промерзании торфяных почв и при мощности снежного покрова не более 20 см. Вносят известь 1 раз за ротацию севооборота.

Наиболее отзывчивы на известкование почв зернобобовые, озимая пшеница, ячмень, из многолетних трав — клевер, в меньшей степени — кострец и тимофеевка.

Рациональная система удобрений на осушаемых минеральных почвах строится с учетом почвенных условий (тип почвы, ее механический состав,

28.9. Примерные нормы органических (т/га) и минеральных (кг действующего
окультуренности осушаемых минеральных почв

Культура севооборота	Уровень окуль			
	высокий			
	Органические	N	P_2O_5	K_2O
Многолетние травы	20...30	40...70	50...80	60...90
Яровые зерновые, однолетние травы	—	30...40	60...70	60...80
Гречиха	20...30	30...40	60...70	50...60
Горох	—	—	50...70	90...100
Соя	—	30...40	50...60	70...90
Кукуруза	40...50.	70...100	60...80	80...120
Подсолнечник	—	40...70	40...70	50...80
Лен	—	40...50	40...60	60...70
Картофель, кормовые корнеплоды	30...40	30...60	50...70	70...90
Столовые корнеплоды	—	40...60	50...70	70...100
Капуста	40...50	70...110	60...90	100...120
Огурцы	60...80	60...90	60...90	60...90
Томаты	20...40	40...60	60...80	60...80
Зеленные	0...20	50...70	40...60	50...70

28.10. Примерные нормы органических (т/га) и минеральных (кг
севообороте на минеральных почвах при разном уровне окультуренности

Культура севооборота	Уровень окуль			
	высокий			
	Органические	N	P_2O_5	K_2O
Однолетние травы+многолетние травы	20...30	30...40	60...70	60...80
Многолетние травы	—	50...60	60...80	70...90
» »	—	50...60	60...80	70...90
Озимые зерновые	—	30...40	60...70	60...80
Картофель	30...40	40...50	50...70	70...90
Яровые зерновые	—	30...40	60...70	60...80

вещества на 1 га) удобрений при разном уровне

туренности								
средний				низкий			
органические	N	P_2O_5	K_2O	органические	N	P_2O_5	K_2O
30...40	50...70	70...90	70...100	40...50	60...90	80...100	90...100
—	40...50	60...70	80...100	20...30	50...70	70...90	90...110
30...40	40...50	70...90	60...70	Возделывание нецелесообразно			
—	—	70...90	100...120	—	20...30	90...110	110...130
—	40...50	60...70	80...100	—	50...60	70...80	90...110
50...60	90...120	70...100	100...130	Возделывание нецелесообразно			
20...30	40...70	40...70	50...80	30...50	50...80	50...80	70...100
—	50...70	50...70	70...90	20...30	60...80	70...90	90...120
40...50	40...70	60...70	80...100	50...60	50...90	60...80	90...120
20...30	50...80	60...80	60...80	Возделывание нецелесообразно			
50...60	100...130	70...90	120...140	»		»	
70...90	80...100	90...110	90...110	»		»	
30...50	60...70	80...100	90...110	»		»	
20...40	50...70	50...80	60...80	»		»	

действующего вещества на 1 га) удобрений в полевом

туренности							
средний				низкий			
органические	N	P_2O_5	K_2O	органические	N	P_2O_5	K_2O
30...40	40...50	60...70	80...100	40...50	50...60	70...80	90...110
—	60...70	70...90	80...100	—	70...90	80...110	90...110
—	60...70	70...90	80...100	—	70...90	80...110	90...110
—	40...50	60...70	80...100	20...30	50...60	70...80	90...110
40...50	40...60	60...70	80...100	50...60	50...80	60...80	90...120
—	40...50	60...70	80...100	20...30	50...60	70...80	90...110

28.11. Примерные нормы органических (т/га) и минеральных (кг) при разном уровне окультуренности осушаемых минеральных почв

Культура севооборота	Уровень окуль			
	высокий			
	Органические	N	P_2O_5	K_2O
Яровые зернозые+многолетние травы	20...30	30...40	50...60	60...70
Многолетние травы	—	50...60	60...80	70...90
» »	—	50...60	60...80	70...90
Корнеплоды	30,..40	40...50	50...70	70...90
Яровые зерновые+клевер	—	30...40	50...60	60...70
Клевер	—	30...50	50...80	60...90
Силосные	—	40...50	50...60	60...70

28.12. Примерные нормы органических (т/га) и минеральных (кг) при разном уровне окультуренности осушаемых минеральных почв

Культура севооборота	Уровень окуль		
	высокий		
	Органические	N	P_2O_5
Огурцы	60...70	60...80	60...90
Капуста	40...50	80...110	60...80
Столовые корнеплоды	—	40...50	50...60
Томаты	20...40	40...60	60...80
Зеленные	—	50...60	40...50

28.13. Примерные нормы органических (т/га) и минеральных (кг) при разном уровне окультуренности осушаемых минеральных почв

Культура севооборота	Уровень окуль			
	высокий			
	Органические	N	P_2O_5	K_2O
Однолетние травы+многолетние травы	20...30	30...40	60...70	60...80
Травы 1...2-го года	—	40...50	60...70	70...90
Травы 3...5-го года	—	50...60	70...80	70...90
Однолетние травы	—	30...40	60...70	60...80
Кукуруза (подсолнечник при низкой окультуренности)	40...50	80...90	60...80	90...100

действующего вещества на 1 га) удобрений в кормовом севообороте

туренности							
средний				низкий			
органические	N	P_2O_5	K_2O	органические	N	P_2O_5	K_2O
20...30	40...50	60...70	80...100	30...40	50...60	70...80	90,..110
—	60...70	70...80	80...100	—	70...80	80...90	90...100
—	60...70	70...80	80...100	—	70...80	80...90	90...100
40...50	40...60	60...70	80...100	50...60	50...80	60...80	90...110
—	40...50	60...70	80...100	30...40	50...60	70...80	90...110
—	40...60	70...90	70...100	—	50...60	80...100	90...110
—	50...60	60...70	80...100	20...30	60...70	60...70	80...90

действующего вещества на 1 га) удобрений в овощном севообороте

туренности				
	средний			
K_2O	Органические	N	P_2O_5	K_2O
60...90	70...80	80...90	90...110	90...110
100...120	50...60	100...120	70...90	120...140
70...90	—	50...60	60...80	80...110
60...80	30...50	60...70	80...100	90...110
50...60	20...30	50...60	50...60	60...70

действующего вещества на 1 га) удобрений в лугопастбищном севообороте

туренности							
средний				низкий			
Органические	N	P_2O_5	K_2O	Органические	N	P_2O_5	K_2O
30...40	40...50	60...70	80...90	40...50	50...60	70...80	90...100
—	50...60	60...80	70...90	—	60...80	70...90	80...100
—	60...70	70...90	90...100	—	80...90	90...100	100...120
—	40...50	60...70	80...100	—	50...70	70...90	90...110
50...60	90...110	70...90	100...120	40...50	60...70	60...70	80...90

мощность пахотного слоя, содержание гумуса, основных элементов питания, реакция почвенного раствора и др.), биологических особенностей возделываемых культур, климатических условий, вида севооборота, планируемой урожайности, обеспеченности хозяйств удобрениями и др. (табл. 28.9... 28.13).

Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса и пополнения его запасов среднегодовые нормы внесения органических удобрений на дерново-подзолистых суглинистых почвах должны составлять 10...15 т/га, на супесчаных — 14...17 и на песчаных — 18...20 т/га.

Система удобрений на тяжелых по механическому составу почвах имеет свои особенности, обусловленные способностью верхнего слоя или к быстрому высыханию при наступлении сухой погоды, или к переувлажнению при выпадении дождей. То и другое отрицательно сказывается на росте и развитии растений, особенно их корневых систем, которые при неглубоком пахотном слое и мелкой заделке удобрений располагаются в верхних слоях почвы и попадают в сферу неблагоприятных условий среды обитания.

Все органические и большую часть фосфорно-калийных удобрений вносят под основную вспашку, перепашку зяби или культивацию. На тяжелых почвах наиболее целесообразна осенняя заделка этих удобрений. На легких почвах, где может происходить вымывание подвижных питательных веществ, калийные удобрения под культуры ярового сева следует вносить весной. Азотные удобрения под яровые культуры на всех почвах необходимо вносить под предпосевную культивацию. Под озимые культуры на слабоокультуренных почвах часть азотных удобрений (20...30 кг/га) вносят под предпосевную культивацию, остальное количество — весной в подкормку. На плодородных почвах всю норму азотных удобрений необходимо вносить при подкормке весной.

28.4. ОСОБЕННОСТИ АГРОТЕХНИКИ И ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ УРОЖАЙНОСТИ

К лучшим предшественникам зерновых культур на торфяных почвах относятся силосные и зернобобовые культуры, однолетние травы. При правильной подготовке почвы неплохим предшественником являются многолетние травы.

Сорта зерновых культур, возделываемые на торфяных почвах, должны быть высокоурожайными, устойчивыми к заморозкам, полеганию, поражению вредителями и болезнями, скороспелыми, давать зерно хорошего качества, хорошо переносить кратковременное переувлажнение, иметь короткий стебель и плотный колос. Последние качества позволяют полностью механизировать уборку и снизить потери зерна.

Озимые зерновые культуры следует сеять в такие сроки, чтобы растения хорошо успели раскуститься и окрепнуть до зимы. Лучший срок сева озимой ржи в северных районах зоны осушения — до 10 сентября, в южных — с 10 до 15 сентября. Вначале обычно высевают пшеницу, после нее сеют рожь.

Яровые зерновые культуры необходимо сеять, как только почва оттает на глубину 4...6 см и сумма среднесуточных положительных температур воздуха после устойчивого их перехода через 0 °С составит 20...30 °С. Оптимальный срок длится до времени, когда почва оттает на 10...12 см и сумма температур воздуха составит 100...120 °С. Каждый день запаздывания с севом яровых зерновых культур после оптимальных сроков сева в годы, нормальные по метеорологическим условиям, снижает урожайность на 0,1 т/га.

Оптимальная глубина заделки семян озимых 4...6 см, яровых зерновых культур 3...4 см. Лучшей нормой высева озимой пшеницы следует считать 3,5...4 млн. семян (140...160 кг) на 1 га; овса, ячменя и озимой ржи 3...3,5 (140...165 кг); яровой пшеницы 4,0...4,5 млн. семян (160...180 кг на 1 га).

На вновь осваиваемых и плохо разложившихся торфяных почвах, где кущение растений происходит менее интенсивно, применяют максимальные, на старопахотных — минимальные рекомендуемые нормы высева.

Уход за посевами озимых зерновых культур в зимне-весенний период сводится к отводу талых вод, уничтожению ледяной корки, весеннему прикатыванию после подсыхания почвы, подкормке растений минеральными удобрениями. Прикатывание посевов озимой пшеницы весной после подсыхания почвы в фазе выхода в трубку является эффективным приемом в борьбе с полеганием растений. Оно способствует повышению урожая зерна на 0,26...0,36 т/га.

Положительное влияние на устойчивость растений к полеганию и на урожай зерна оказывает обработка посевов озимой и яровой пшеницы в фазе кущения (начала выхода в трубку) и озимой ржи специальными составами.

Хлебостой на торфяных мощных почвах чаще всего длиннусоломистый, влажный, полегший. Проходимость комбайнов из-за низкой несущей способности торфяников при высокой влажности значительно ниже, чем на минеральных землях. Поэтому способы и сроки уборки зерновых культур на торфяных почвах имеют свои особенности. Неполегшие хлеба убирают прямым комбайнированием и раздельным способом. На сильно засоренных посевах и на полях с большим количеством подгона лучшие результаты дает раздельная уборка, которую выполняют в фазу восковой спелости. Полегшие хлеба убирают прямым комбайнированием на максимально низком срезе.

При обосновании уровня проектной урожайности необходимо использовать утвержденные для отдельных республик и регионов на перспективу уровни проектной урожайности и прибавки урожаев сельскохозяйственных культур на осушаемых землях. Обоснование урожайности по годам освоения мелиорируемых земель следует проводить в соответствии с утвержденными МСХ СССР и Минводхозом СССР «Временными рекомендациями по определению уровня урожайности и размера производства сельскохозяйственной продукции по годам освоения мелиорированных земель до получения проектных показателей».

В зависимости от конкретных условий объектов мелиорации рекомендуемые для отдельных республик и регионов уровни проектной урожайности уточняют с учетом опыта передовых хозяйств, применяющих программирование урожаев и индустриальную технологию возделывания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях, а также данных опытных хозяйств и сортоиспытательных участков. Как правило, для расчетов берется пятилетний период наблюдений и для него определяется средневзвешенная урожайность.

При составлении проекта реконструкции мелиоративных систем урожайность культур до реконструкции оценивается по фактическим данным. Для тех культур и видов угодий, по которым нет данных в хозяйстве, где намечено проводить мелиоративные работы, проектную урожайность рассчитывают по материалам передовых хозяйств со сходными почвенными условиями.

Один из способов определения достоверности вычисленных показателей проектной урожайности — расчет с применением экономико-математического моделирования и временных рядов. Экономико-математическая модель позволяет учитывать влияние большого числа факторов, а также получать количественные зависимости их влияния на урожайность. Основные методы установления этих зависимостей — регрессионный и экономико-статистический анализ временных рядов. Полученные уравнения регрессии, при расчете которых использованы данные передовых хозяйств, рекомендуется применять при определении уровня проектной урожайности для конкретных объектов в период разработки задания на проектирование.

Когда уровень проектной урожайности определяют на основе экономико-статистической обработки временных рядов, то необходимы наблюдения за 25...30 лет или за 10 лет при прогнозах соответственно на 10...15 лет или на 5 лет.

Глава 29. ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

29.1. ЗАДАЧИ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Высокоэффективное использование мелиорируемых земель возможно только при надежной работе осушительной сети и сооружений, что обеспечивается специальной службой технической эксплуатации осушительных систем.

Техническая эксплуатация мелиоративных систем включает надзор, уход и планово-предупредительные ремонты системы. Кроме того, в ее состав входят эксплуатационная планировка мелиорируемых земель, глубокое рыхление и кротование почв в соответствии с проектом мелиорации.

Надзор за мелиоративными системами включает: контроль за соблюдением правил пользования отдельными элементами мелиоративной системы; наблюдения за работой мелиоративной системы и сооружений, а также выявление причин, вызывающих разрушения или нарушения работы отдельных ее элементов; наблюдения за водным режимом путем измерения уровней воды в наблюдательных скважинах и водомерных постах и за использованием земель в соответствии с проектами; контроль за соблюдением правил агротехники на мелиорируемых землях, обеспечивающих лучшие условия их использования и получение высоких урожаев; контроль за соблюдением противопожарных мероприятий на осушаемых торфяных почвах и организация тушения возникающих пожаров; установление мест возможного возникновения аварий; охрану открытых каналов-водоприемников и закрытой сети.

Уход за мелиоративными системами осуществляют систематически. Он включает следующие работы, обеспечивающие поддержание систем в рабочем состоянии: предотвращение разрушений и повреждений сооружений; удаление из водоприемников и каналов обвалов грунта, наносов, завалов, камней, мусора, кустарников, затрудняющих свободное течение воды; скашивание не менее 2 раз в год травяной растительности на откосах и берегах каналов, защитных дамб, дорожных насыпей и кюветов; очистку от наносов водосборных воронок, отверстий мостов, трубопроводов, регуляторов, смотровых колодцев, фильтров-поглотителей, дренажных устьев; исправление знаков береговой обстановки и мелких повреждений на каналах и сооружениях; подготовку сооружений к пропуску весенних и летне-осенних паводков; консервацию сооружений на зиму.

Ремонты мелиоративных систем подразделяют на текущие, капитальные и аварийные.

Текущий ремонт предусматривает исправление незначительных деформаций водоприемников, каналов, сооружений и других элементов системы, появляющихся от воздействия различных природных факторов, а также от нарушения правил пользования системой. Проводят его на каналах, сооружениях и других элементах мелиоративной системы, имеющих износ до 20%. В основе ремонтов лежат сметно-финансовые расчеты.

В текущий ремонт входят: очистка русл рек-водоприемников и каналов на отдельных участках от наносов, травы и древесно-кустарниковой растительности; промывка или прочистка отдельных закрытых коллекторов и дрен, заиленных частицами грунта, отложениями железа, очистка фильтров-поглотителей, отстойников и других сооружений; ремонт дренажных устьев,

колодцев и других сооружений на закрытой сети; ремонт сооружений, отдельных участков каналов и дорог, креплений откосов и дна каналов; посев трав; мелкий ремонт жилых, производственных и складских строений и помещений, а также линий электропередачи и связи; исправление водомерных постов, наблюдательных колодцев, береговых знаков, а также восстановление их в случае повреждения; ремонт скотопрогонов, переходов через каналы и др.

Капитальный ремонт заключается в работах по полному восстановлению отдельных элементов мелиоративной системы и сооружений на ней. Его проводят в соответствии с проектно-сметной документацией.

В капитальный ремонт входят: восстановление (по проекту) деформированных русл каналов и рек-водоприемников и их креплений, удаление наносов и расчистка заилений на каналах и реках; восстановление разрушенных струевыправительных сооружений, траверс, бун, дамб, перемычек и др.; прочистка или полная перекладка вышедших из строя дренажных линий и отдельных систем коллекторов; полная или частичная перестройка временных и ветхих деревянных сооружений — шлюзов-регуляторов, мостов, трубпереездов и других сооружений; замена разрушенных дренажных устьев, элементов гидротехнических и дорожных сооружений; восстановление производственных водоемов и водозаборов вследствие износа (20 ... 50%); строительство отдельных дополнительных дрен, водопоглощающих колодцев, проводящих каналов, водоподпорных сооружений, дорог, мостов, труб-переездов и других объектов, необходимость в которых выявилась в процессе эксплуатации системы и использования осушенной площади.

Аварийный ремонт заключается в ликвидации значительных разрушений каналов, защитных валов, зданий, сооружений, дорог, вызванных паводками и другими стихийными явлениями и бедствиями.

В аварийный ремонт входят непредвиденные и неотложные работы: заделка размытых паводком участков реки, крупных каналов и сооружений, восстановление и закрепление разрушенных паводком берегов водоприемника; расчистка заносов водоприемников и каналов, наличие которых выводит систему из нормальной работы; заделка промывов дамб; восстановление водоподпорных сооружений на реках и каналах; переустройство и восстановление каналов и сооружений, полностью или частично выведенных из строя пожарами; восстановление дорожных насыпей, мостов и труб, разрушенных паводком.

Объем и характер предстоящего ремонта по ликвидации аварий устанавливают обследованием, по результатам которого оформляют соответствующий акт и ведомость дефектов.

В задачи эксплуатационной службы также входят высокоэффективное использование специальной техники (каналоочистительные и дренопромывочные машины, косилки и др.), тракторов, экскаваторов, автомобилей и др., а также подготовка предложений по модернизации обслуживаемых систем на основе достижений научно-технического прогресса.

29.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

Для эксплуатации мелиоративных систем созданы республиканские, областные (краевые) производственные управления мелиорации и водного хозяйства, которым подчинены управления осушительных систем (УОС) или управления осушительно-оросительных систем (УООС), ремонтно-строительные тресты (РСТ) и передвижные механизированные колонны (ПМК). Они же выполняют функции заказчика на проектирование и строительство новых мелиоративных систем.

Работы по ремонту межхозяйственной сети выполняют преимущественно РСТ и ПМК по договорам с УОС.

Имеются и другие формы организации работ. Например, в Литовской ССР техническую эксплуатацию осушительных систем ведут специальные

механизированные отряды или ПМК при строительных мелиоративных управлениях (СМУ).

Техническую эксплуатацию внутрихозяйственной сети осуществляют хозяйства (совхозы, колхозы) или по договору с ними водохозяйственные организации — РСТ, ПМК, СМУ и др. Лучшей формой ее организации являются механизированные звенья (бригады). В их распоряжение передаются соответствующие механизмы (тракторы МТЗ с роторными косилками и прицепами, экскаваторы ЭО-2621А, ЭТЦ-165 и др., гусеничные тракторы с дождевальной машиной ДДН-100, колесные тракторы с дренопромывочной машиной Д-910, бульдозеры с приспособлениями для корчевки древесной растительности и др.) и автотранспорт.

Состав звеньев и укомплектование их необходимой техникой зависят от природно-мелиоративных условий зоны их деятельности. Например, для Белорусской ССР оснащенность механизированных звеньев и их состав приведены в таблице 29.1.

В соответствии с временным положением о механизированном звене для проведения работ по уходу за мелиоративными системами в РСФСР за звеном закрепляется площадь не менее 4 000 га осушаемых или 2 000 га орошаемых земель.

Состав звена рекомендуется из 5 ... 6 человек с таким расчетом, чтобы на 1 члена звена приходилось 800 ... 900 га осушаемых или не менее 400 ... ... 500 га орошаемых земель.

Важнейшее мероприятие в повышении эффективности использования мелиоративной сети и мелиорируемых земель в колхозах и совхозах — передача внутрихозяйственной сети на полное техническое обслуживание в водохозяйственные организации. Договор между эксплуатационным управлением осушительной системы и хозяйством-землепользователем на ремонт и техническое обслуживание сети заключается в соответствии с типовым договором (приложение 1), в нем предусматриваются объемы и сроки выполнения необходимых работ, обеспечение трудовыми, материальными и финансовыми ресурсами и пр.

Типовой договор утвержден Минводхозом СССР и Минсельхозом СССР в январе 1984 г., согласован с Минфином СССР, Минюстом СССР, Верховным Судом СССР и Госарбитражем при Совмине СССР в январе 1984 г.

В соответствии с Долговременной программой развития мелиорации внутрихозяйственная мелиоративная сеть и сооружения, находящиеся в колхозах и совхозах, передаются на баланс водохозяйственных организаций. В будущем вся мелиоративная система будет эксплуатироваться силами государственных организаций при долевом участии колхозов и совхозов в затратах на ремонт и обслуживание систем.

В ноябре 1984 г. утвержден Минсельхозом СССР, Минплодовощхозом СССР, Минводхозом СССР и Госкомсельхозтехникой СССР «Типовой договор на высокоэффективное использование мелиорированных земель в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях». Этот договор заключается хозяйством (колхоз, совхоз) с водохозяйственным ремонтно-строительным и эксплуатационным предприятием (организацией), объединением (отделением) Госкомсельхозтехники и предприятием (организацией) Сельхозхимии с целью ускорения освоения орошаемых и осушаемых земель и достижения на них проектной урожайности сельскохозяйственных культур. Договор заключается ежегодно, в нем устанавливаются показатели по площадям мелиорированных земель, занятым разными культурами, их урожайности и валовому сбору.

В договоре оговаривается, что выделение хозяйствам тракторов, сельскохозяйственных машин, транспортных средств, минеральных удобрений, пестицидов и других материально-технических ресурсов, необходимых для эффективного использования мелиорированных земель и получения урожайности и валовых сборов продукции, предусмотренных договором, осуществляется агропромышленным объединением или их вышестоящими организациями.

В соответствии с договором хозяйство обязуется обеспечивать полное и высокоэффективное использование каждого гектара мелиорированных зе-

29.1. Оснащенность механизированного звена техникой и состав обслуживающего персонала по опыту Белорусской ССР

Механизмы		Агрегаты и прицепное или навесное сменное оборудование	Обслуживающий персонал	
название	число		профессия	число человек
Экскаватор Э-304В	1	Ковш-драглайн бокового копания, ковш-грейдер, ковш-грабли, ковш циркулярный	Машинист	1
Многоковшовый экскаватор ЭМ-152Б	1	—	Машинист, помощник машиниста	1
Каналоочиститель МР-16	1	Бульдозер	Машинист	1
Каналоочиститель МР-7А	1	Косилка РР-41, бульдозер	Машинист	1
Самоходная установка на тракторе Т-16 для ухода за гидротехническими сооружениями	1	Агрегат для покраски железобетонных сооружений, устройство для подъема и опускания затворов водоподпорных сооружений, водяной насос	Тракторист-машинист	1
Автогрейдер ДЗ-99	1	—	Тракторист-машинист	1
Трактор ДТ-75, Т-70С	1	Бульдозеры ДЗ-42, корчеватели ДП-8, бороздодел БН-300, лыжа ЛС-4А	Тракторист-машинист	1
Трактор МТЗ-80	1	Косилки РР-26, ККД-1,5 К-24А, прицеп 2-ПТС-4	То же	1
Трактор Т-40М, Т-40АМ	1	Косилка КС-2,1, прицеп 2-ПТС-4	»	1
Автомобиль УАЗ-452Д, ГАЗ-52		—	Шофер, русловый монтер	1
Дополнительная техника (на 2—3 звена)				
Каналоочиститель МР-7А, МР-14	1	—	Машинист	1
Экскаватор ЭО-2621А	1	Бульдозер, обратная лопата	»	1
Планировщик ПВМ-3,0, П-4, П-2,8А на тракторе ДТ-75	1	—	Тракторист-машинист	1
Кротователь МД-1 на тракторе ДТ-75	1	—	То же	1

29.2. Примерный состав, способы и время производства работ по уходу и текущему ремонту осушительных систем с открытыми каналами в расчете на 1 000 га

Состав работ	Объем работ, тыс. м³		Способы производства работ	Затраты труда человека, сут
	всего	механизированных		
Работы на мелиоративной системе в зимнее время (декабрь — февраль)				
Очистка от снега и льда устьев закрытых коллекторов, отверстий переездных и регулирующих сооружений, а также русл каналов в зоне сооружений: в верхней части не менее 5 м и нижней — 3 м	—	—	Вручную	1,35
Предупреждение образования в устьях и на поворотах каналов ледяных заторов	—	—	»	0,45
Скалывание льда у стенок шлюзов, вокруг свай мостов, устьев закрытых коллекторов и других сооружений	—	—	Вручную	0,90
Заготовка материалов и инструментов (камня, хвороста, фашины, мешков с песком и т. д.)	—	—		2,25
Засыпка образовавшихся пустот вокруг труб и подсыпка подъездов к гидротехническим сооружениям	0,062	—		20,67
Заделка ям, трещин, выбоин, устранение просадок на всех типах покрытий дорог	—	—		0,61
Исправление мелких повреждений пролетного строения и перил мостов, включая заливку трещин цементным раствором или битумом	2,25	—	сооружения	9,0
Подготовка мелиоративной системы к пропуску и пропуск весеннего паводка (11 марта — 15 апреля)				
Устройство сквозных прорезов во льду вокруг свайных опор и ледорезов, вдоль укрепленных берегов, бун, траверс и гидротехнических сооружений	—	—	Вручную	0,90
Дробление и провод льдин в пролетах переездных и регулирующих сооружений	—	—	»	0,45
Устранение ледяных и снежных заторов в каналах и водоприемниках	—	—	Вручную	0,90
Контрольная проверка механического и другого оборудования гидротехнических сооружений, подготовка его к пропуску паводка и безаварийный сброс максимальных расходов воды	—	—	»	1,80
Исправление мест размыва реки или канала около устоев и бычков мостов и других сооружений	0,0775	—		25,83
Исправление сдвинутых плит крепления канала	—	—		0,61
Оштукатуривание отдельных участков железобетонных креплений каналов, гидротехнических сооружений и устьев закрытых коллекторов	2,25	—		9,0

Состав работ	Объем работ, тыс. м³		Способы производства работ	Затраты труда человека, сут
	всего	механизированных		
Круглосуточное дежурство технического персонала в период пропуска весеннего половодья				
Работы на мелиоративной системе в вегетационный период (16 апреля — 30 сентября)				
Регулирование водного режима	5,1 сооружения	—	Вручную	61,20
Очистка русла открытых каналов от наносов	11,21	11,21	Механизированный	—
Перемещение и разравнивание вынутого грунта	3,89	3,89	То же	—
Ремонт проезжей части мостов, водопоев, скотопрогонов и водосливных воронок, а также побелка сооружений	2,25 сооружения	—	Вручную	9,0
Крепление откосов и берм в местах оползней дерном или посевом трав	—	—	»	0,76
Исправление креплений	—	—	»	0,76
Исправление покрытия дорог	1,92	1,92	Механизированный	—
Уборка с проезжей части, обочин дорог и русл каналов посторонних предметов	—	—	Вручную	0,30
Подсев и подкормка трав на откосах, бермах и обочинах дорог	—	—	»	17,51
Удаление водной растительности из русл каналов	2,88 га	1,29 га	»	15,90
Окашивание травяной растительности на откосах и бермах каналов и водоприемников и сгребание ее на бровку канала	124,3 га	121,52 га	Механизированный, вручную	15,42
Устранение перекатов,	0,17	—	»	56,83
Нивелировка наблюдательных колодцев, водоприемников и каналов	8,15 км	—	»	0,82
Расчистка и заделка раствором трещин, каверн и выбоин железобетонных и бетонных креплений каналов, а также переездных и регулирующих сооружений	2,25 сооружения	—	»	9,0
Подготовка мелиоративной системы к зиме (октябрь — ноябрь)				
Удаление водной растительности	2,89 га	1,30 га	Механизированный	15,90
Покраска или покрытие предохранительными составами всех наружных частей сооружений и деталей, подверженных гниению или коррозии	9,0 сооружения	—	Вручную	9,0
Ремонт гидрометрических пунктов, береговой (дорожной) обстановки, оборудования водоподпорных сооружений и механизмов	—	—	Вручную	5,7
Вырубка кустарника	0,41 га	—	»	8,2
Исправление покрытия дорог	1,92	1,92	Механизированный	—

мель, закреплять их за постоянными бригадами (звеньями), разрабатывать технологические карты получения предусмотренных договором урожаев, своевременно выполнять агротехнические работы в соответствии с этими картами, экономно использовать водные ресурсы, обеспечивать сохранность мелиоративной сети и сооружений и др.; водохозяйственная организация обязуется заключать специальный договор на выполнение ремонтно-эксплуатационных работ в соответствии с типовым договором (приложение 1), выполнять все работы в соответствии с утвержденными годовыми планами, постоянно содержать мелиоративную сеть и гидротехнические сооружения в исправном состоянии, бесперебойно подавать воду в соответствии с планом водопользования и графиком полива, а при наличии РПО «Полив» — обеспечивать своевременный и качественный полив сельскохозяйственных культур и др. За просрочку, низкое качество и неполное выполнение работ по ремонту и техническому обслуживанию внутрихозяйственной мелиоративной сети, а также поливу сельскохозяйственных культур, что послужило причиной недополучения предусмотренной в договоре урожайности, водохозяйственные организации возмещают хозяйству стоимость недополученной продукции. Соответствующие обязательства по поставке сельскохозяйственной техники, удобрений и других материально-технических ресурсов, внесению удобрений в соответствии с технологическими картами возлагаются на организации Госкомсельхозтехники и Сельхозхимии.

29.3. СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТОВ

Системой планово-предупредительных ремонтов (ППР) в зависимости от объема и сложности ремонтных работ и от затрат на эти работы предусматривается, как отмечено выше, текущий, капитальный или аварийный ремонт.

Текущий ремонт и уход проводят систематически. Примерный их состав по опыту Белорусской ССР приведен в таблице 29.2.

Нормы затрат на текущий ремонт основных фондов в процентах от первоначальной или восстановительной балансовой стоимости составляют (по Л. З. Андреевой):

Вид сооружений и оборудования	Нормы затрат основных фондов на текущий ремонт, %
Плотины водохранилищные земляные с креплением верхового откоса камнем, бетоном, железобетоном	0,6
Плотины прудов земляные без крепления	1,0
Берегоукрепительные гидротехнические сооружения:	
железобетонных и бетонных конструкций	0,5
каменных конструкций	0,8
Гидротехнические сооружения на каналах (шлюзы-регуляторы, мосты-водоводы, перепады, быстротоки, дюкеры, акведуки, водосливы):	
межхозяйственные	1,5
внутрихозяйственные	1,8
Средства учета воды — гидрометрическое и водомерное оборудование (без водомерных реек)	2,2
Деревянные гидротехнические сооружения на межхозяйственных и внутрихозяйственных каналах	4,5
Бетонные и железобетонные мосты и трубопроводы	1,8
Деревянные мосты	5,5
Межхозяйственные открытые оросительные каналы:	
земляные без крепления дна и откосов	2,0

Вид сооружений и оборудования	Нормы затрат основных фондов на текущий ремонт, %
облицованные камнем, бетоном, железобетоном	1,5
из железобетонных лотков	1,0
Внутрихозяйственные открытые оросительные каналы:	
земляные без крепления дна и откосов, облицованные камнем, бетоном и железобетоном	1,8
из железобетонных лотков	1,5
Внутрихозяйственная закрытая оросительная сеть из труб:	
железобетонных	0,4
чугунных	0,3
асбестоцементных	0,7
полиэтиленовых	0,4
Отрегулированные реки-водоприемники, межхозяйственные, осушительные, магистральные и другие проводящие каналы:	
без крепления	2,5
с креплением плетнем, фашинами, досками, дерном, засевом трав	3,0
Внутрихозяйственные осушительные каналы земляные без крепления и с креплением плетнем, фашинами, досками, железобетонными плитами и засевом трав в грунтах:	
минеральных	4,0
торфяных	6,0
Закрытый дренаж в зоне осушения:	
керамический в минеральных грунтах	0,8
» в торфяных »	1,5
пластмассовый	0,4
дощатый и хворостяной	1,5
Коллекторы из труб:	
бетонных и железобетонных	0,7
асбестоцементных	0,5
Вертикальный дренаж в зоне осушения (скважина, насосно-силовое оборудование)	4,5
Механическое и электрическое оборудование стационарных насосных станций, применяемых при осушении и орошении	5,0
Передвижные насосные станции	5,0
Поливная техника:	
ДДА-100М, ДДА-100МА, ДДН-70, ДДН-100, ДМ-454	10,0
«Фрегат», ДКШ-64 «Волжанка»	38,0
КИ-50 «Радуга»	3,0
Сборно-разборные поливные трубопроводы из стальных, дюралевых и алюминиевых труб	2,0
Автоматическое и телемеханическое оборудование нестационарных насосных станций	2,0
Дороги:	
с бетонным и железобетонным покрытием	3,
асфальтовые	3,.
гравийные	4,0
земляные профилированные	4,0

Работа по управлению водным режимом почвы выполняется специальной гидрологической службой в составе УООС. Эта служба на основе гидрологических и агрометеорологических прогнозов и получаемой информации по сети гидромелиоративных наблюдений (см. раздел 29.4) с помощью водорегулирующих и водоподпорных сооружений осуществляет регулирование водного режима почвы.

Нормы нагрузки на одного работника по уходу за мелиоративной системой составляют: 4,5 ... 7,0 км водоприемников, 7,0 ... 9,0 км проводящей сети, 10,0...12,0 км регулирующей сети (открытая), 5...6 шлюзов-регуляторов,

29.3. Периодичность капитального ремонта мелиоративных систем

Элементы мелиоративных систем	Срок службы, лет	Периодичность ремонта, лет
Открытые каналы:		
отрегулированные реки-водоприемники и крупные магистральные каналы	75	15
проводящие и водопроводящие	60	10
нагорные и ловчие	50	8
регулирующая сеть	30	6
Закрытый дренаж: керамический	75	20
пластмассовый	30	10
деревянный (дощатый)	20	10
Железобетонные сооружения на каналах:		
шлюзы-регуляторы	50	20
трубы-переезды	50	15
устья закрытых коллекторов	20	—
мосты	60	25
Откосы каналов:		
армированные бетонными плитами	30	15
укрепленные фашинами или плетнем	7	—
Укрепленные дерном	20	—
Дождевальные машины	15	5
Трубопроводы:		
асбестоцементные и пластмассовые	20	8
чугунные	35	15
керамические	25	10
железобетонные	30	10
стальные	30	10
Водохранилища и пруды (очистка от наносов) при полном объеме (млн. м³):		
от 50 до 100	100	30
от 1 до 50	70	20
менее 1	50	15
Земляные плотины и дамбы объемом (тыс. м³) тела:		
от 10 до 100	65	20
менее 10	60	15

29.4. Классификация эксплуатационных водохозяйственных организаций по оплате труда руководящих инженерно-технических работников

Организация	Группа по оплате труда				
	I	II	III	IV	V
Управления, обслуживающие: осушительные системы площадью, тыс. га	Более 180	120...180	60...120	30...60	До 30
участки осушительных систем площадью, тыс. га	I группа более 60	II группа 30...60	III группа 20...30	—	—
Управления, обслуживающие: оросительные системы площадью, тыс. га	Более 90	60...90	30...60	15...30	До 15
участки оросительных систем площадью, тыс. га	I группа более 30	II группа 15...30	III группа 10...15	—	—
Управления, обслуживающие водохранилища вместимостью, млн. м³	Более 1 000	750... 1 000	500...750	250...500	До 250
Управления, обслуживающие: каналы или группы каналов с суммарным головным водозабором, м³/с	Более 200	175... 200	125... 175	75... 125	До 75
отдельные каналы с суммарным головным водозабором, м³/с	Более 125	75... 127	30...75	—	—
Управления, обслуживающие гидроузлы с суммарной пропускной способностью, м³/с	Более 800	600... 800	400... 600	200... 400	До 200
Управления насосных станций, подающих воду на площадь, тыс. га	Более 18	9...18	6...9	—	—

29.5. Укрупненные нормативы численности административно-управленческого персонала водохозяйственных эксплуатационных организаций в зависимости от группы по оплате труда

Организация	Группа по оплате труда				
	I	II	III	IV	V
Управление осушительных систем (осушительно-увлажнительных, мелиоративных и др.)	10...14	8...10	6...8	5...5	4...5
Управление оросительных систем (оросительно-обводнительных, обводнительных, коллекторно-дренажных, насосных станций и др.)	14...20	11...14	8...11	6...8	4...6
Управление водохранилищ	8...11	7...8	6...7	5...6	4...5
Управление каналов (группы каналов)	11...17	9...10	8...9	5...7	4...5

Примечание. В состав укрупненных нормативов штатной численности административно-управленческого персонала входят: начальник управления, зам. начальника управления, главный инженер, начальники отделов, старшие инженеры и инженеры всех специальностей, старшие техники и техники всех специальностей, главный бухгалтер (старший бухгалтер на правах главного), заведующий хозяйством, секретарь-машинистка.

29.6. Штатные нормативы руководящих, инженерно-технических работников и служащих водохозяйственных эксплуатационных организаций (дополнительно к укрупненным нормативам)

Должность	Нормативы и условия для введения должностей
	Управление
Начальник отдела механизации	1 — на управление при наличии 50 тракторов, землеройных машин, автомобилей, катеров, самоходных шасси и другой самоходной техники
Начальник отдела энергетики	1 — на управление при наличии электрооборудования электросети и установок в объеме более 2000 условных единиц (баллов) или 1 — на управление насосных станций (группы насосных станций) с суммарной установленной мощностью 4 тыс. кВт и более
Начальник отдела автоматики и телемеханики (комплексной автоматизации)	1 — на управление при наличии 500 и более контролируемых параметров
Старший инженер (инженер) по кадрам	В управлении со среднегодовой численностью работников более 150 человек вводится должность старшего инженера, а с численностью 75...150 — должность инженера. Если работников меньше 75 человек, то обязанности инспектора по кадрам выполняет один из работников управления
Старший инженер (инженер) по охране труда, технике безопасности и организации пожарной охраны	В управлении со среднегодовой численностью работников более 500 человек вводится должность старшего инженера, а с численностью 300...500 — должность инженера. В управлении с численностью меньше 300 человек функции инженера по охране труда, технике безопасности вменяются одному из инженеров управления
Агроном	1 — на управление с площадью орошения или осушения до 30 тыс. га. При площади мелиорируемых земель более 30 тыс. га вместо должности агронома может вводиться должность старшего агронома
Агролесомелиоратор	1 — на управление, имеющее более 200 га лесопосадок и лесонасаждений
Старший бухгалтер (бухгалтер)	1 — на управление со среднегодовой численностью работающих от 100 до 200 человек. При численности более 200 человек может быть дополнительно введена должность бухгалтера на каждые последующие 200 человек
Кассир	1 — на управление со среднегодовой численностью работников более 100 человек. При меньшей численности обязанности кассира вменяются одному из работников управления
Заведующий центральным складом	1 — на управление, имеющее объем движения товарно-материальных ценностей на сумму 400 тыс. руб. в год
Кладовщик	1 — на управление или эксплуатационный участок с объемом движения материальных ценностей на сумму 200—400 тыс. р. Если сумма превышает 200—400 тыс. р., то на каждые последующие 600 тыс. р. дополнительно вводится по 1 кладовщику
Уборщица	1 — на каждые 400 м² уборочной площади. В управлениях или эксплуатационных участках, имеющих уборочную площадь меньше 400 м², на уборку в смете предусматривается 20 р. в месяц

Должность	Нормативы и условия для введения должностей
	Линейный персонал
Начальник участка оросительной системы	1 — на участок I группы с площадью используемых земель более 30 тыс. га; 1 — на участок II группы с площадью 15...30 тыс. га; 1 — на участок III группы с площадью 10...15 тыс. га. На участке с площадью используемых земель меньше 10 тыс. га функции начальника участка возлагаются на старшего инженера или инженера
Начальник участка осушительной системы	1 — на участок I группы с площадью используемых земель более 60 тыс. га; 1 — на участок II группы с площадью 30...60 тыс. га; 1 — на участок III группы с площадью 20...30 тыс. га. При площади меньше 20 тыс. га. функции начальника возлагаются на старшего инженера или инженера
Начальник отделения канала (группы каналов)	1 — на отделение I группы с суммарным годовым расходом более 125 м³/с; 1 — на отделение II группы с суммарным годовым расходом 75...125 м³/с. На отделение канала с суммарным годовым расходом меньше 75 м³/с функции начальника отделения возлагаются на старшего инженера этого же отделения
Инженер-гидротехник и инженер любой другой специальности	1 — на каждые 4,5 тыс. га используемых орошаемых земель; 1 — на каждые 9 тыс. га используемых осушаемых земель; 1 — на каждые 35...40 км межхозяйственных каналов с расходом менее 10 м³/с; 1 — на каждые 25...30 км межхозяйственных каналов с расходом более 10 м³/с; 1 — на каждые 50 км межхозяйственных трубопроводов; 1 — на каждые 50...60 км рек при наличии берегозащитных сооружений на них; 1 — на каждые 100 гидропостов с автоматизированным учетом расхода воды; 1 — на каждые 20 скважин вертикального дренажа и скважин на орошение; 1 — на 80 пунктов наблюдений за режимом грунтовых вод на оросительных системах; 1 — на 200 пунктов наблюдений на осушительных системах или на 15...20 створов скважин
Техник-гидротехник	1 — на каждые 9 тыс. га используемых орошаемых земель; 1 — на каждые 18 тыс. га используемых осушаемых земель; 1 — на 50....60 км рек при наличии берегоукрепительных сооружений на них; 1 — на 15...25 гидропостов с инструментальным замером расходов воды в радиусе обслуживания более 10 км; 1 — на каждые 30...50 гидропостов с автоматизированным учетом воды в радиусе обслуживания более 10 км; 1 — на каждые 20 скважин вертикального дренажа и скважин для орошения; 1 — на 160 пунктов наблюдений (скважин, колодцев, гидропостов и др.) за режимом грунтовых вод на оросительных системах; 1 — на 100 пунктов наблюдений на осушительных системах или на 8...10 створов; 1 — в смену на гидроузле (группы гидроузлов пропускной способностью более 50 м³/с); 1 — на селехранилище вместимостью более 300 тыс. м³
Агроном	1 — на эксплуатационный участок площадью орошения или осушения более 30 тыс. га

Должность	Нормативы и условия для введения должностей
Начальник насосной станции (группы станций)	1 — на насосную станцию (группу насосных станций) I группы, обслуживающей площадью более 18 тыс. га; 1 — на насосную станцию (группу станций) II группы, обслуживающей площадь 9...18 тыс. га; 1 — на насосную станцию (группу станций) III группы, обслуживающей площадь 6...9 тыс. га. При меньшей площади эти обязанности возлагаются на инженера или старшего инженера
Старший инженер любой специальности по насосной станции	1 — на насосную станцию (группу станций) с суммарной установленной мощностью 0,5...5 тыс. кВт; 2 — при мощности 5...10 тыс. кВт; 3 — при мощности 10...20 тыс. кВт; 4 — при мощности станции 20...50 тыс. кВт
Инженер любой специальности по насосной станции	1 — на насосную станцию (группу насосных станций) с суммарной установленной мощностью 0,5...1,5 тыс. кВт; 2—1,5...3 тыс. кВт; 3—3...5 тыс. кВт; 4—5...10 тыс. кВт: 6—10...20 тыс. кВт; 8—20...30 тыс. кВт; 12—30...50 тыс. кВт. На насосных станциях с суммарной установленной мощностью до 0,5 тыс. кВт руководство осуществляет машинист из числа трех и более сменных машинистов
Инженер-диспетчер	1 — в смену на управление или эксплуатационный участок, крупное сооружение, водохранилище с самостоятельным водораспределением при наличии организованной диспетчерской службы
Старший инженер по автоматике и телемеханике	1 — на диспетчерский пункт автоматизированной системы управления телемеханическим процессом; 1 — на каждые 500 контролируемых параметров
Инженер по автоматике и телемеханике	1 — на каждые 100 контролируемых параметров
Техник по автоматике и телемеханике	1 — на каждые 50 контролируемых параметров
Старший инженер-электрик	1 — на управление, имеющее объем 800 условных единиц и более
Инженер-электрик	1 — на управление, имеющее объем 800 условных единиц и более
Инженер-электрик	1 — на управление, имеющее 300...800 условных единиц. При объеме более 800 условных единиц дополнительно вводится инженер-электрик на каждую последующую 1000 условных единиц
Техник-электрик	1 — на каждые 100...300 условных единиц
Начальник электромашинного цеха	1 — на управление при установленной суммарной мощности 5 тыс. кВт
Начальник ремонтного (гидротехнического) цеха	1 — на управление при выполнении ремонтных работ на сумму 60 тыс. р.
Заведующий ремонтной мастерской	1 — на управление при наличии централизованной мастерской, производящей капитальный ремонт
Инженер-механик	1 — на каждые 20—25 тракторов, землеройных машин, автомобилей и другой самоходной техники
Техник-нормировщик	1 — на каждые 125 рабочих со средней оплатой труда

Продолжение

Должность	Нормативы и условия для введения должностей
Заведующий гаражом	1 — на управление, имеющее 25 и более автомобилей
Автомеханик	1 — на управление, имеющее от 15 до 25 автомобилей
Инженер	1 — на каждые 30 автомобилей
Диспетчер автогаража	1 — на каждые 50 автомобилей

Примечания: 1. Численность работников сторожевой и пожарной охраны устанавливается в пределах лимита по охране. 2. Численность работников жилищно-коммунального хозяйства, детских дошкольных, культурных и прочих предприятий устанавливается в соответствии с типовыми нормативами. 3. Водители легковых автомобилей могут вводиться дополнительно в пределах плана по труду и лимитов на содержание легкового автотранспорта. 4. При управлениях создается проектно-сметная группа. Численность инженерно-технических работников определяется по выработке проектно-изыскательских работ институтами системы Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, обслуживающими данную зону. 5. Численность регулировщиков, ремонтеров, наблюдателей, шоферов грузовых автомобилей, трактористов-машинистов и других рабочих устанавливается исходя из объема работ. 6. Механизированные отряды могут создаваться при объеме ремонтно-строительных работ от 60 до 500 тыс. р. Хозрасчетные участки создаются при объеме работ более 500 тыс. р.

8...10 труб-регуляторов, 50...60 наблюдательных колодцев, 2 водомерных поста, 10 ... 12 км дамб, дорог.

При комплексной механизации работ по уходу за мелиоративной сетью нагрузка на одного руслового ремонтера увеличивается в 2 раза. При механизации операций по маневрированию затворами сооружений и обеспечении транспортными средствами нагрузка на одного регулировщика увеличивается в 1,5 раза.

По опыту Белорусской ССР для управления водорегулирующими сооружениями на каждые 5 ... 7 шлюзов и 8 ... 10 труб-регуляторов назначается один регулировщик. Возглавляет эту службу старший инженер, а на эксплуатационных участках — участковые гидрологи.

Капитальный ремонт проводят периодически в зависимости от сроков службы элементов мелиоративных систем (табл. 29.3).

Конкретные сроки ремонта устанавливают, исходя из надежности и отказов отдельных элементов мелиоративной системы.

Классификация мелиоративных организаций по оплате труда принимается в зависимости от площади осушаемых и орошаемых земель, объема воды в водохранилищах и размеров гидротехнических сооружений (табл. 29.4). Укрупненные нормативы численности административно-управленческого персонала, штатные нормативы инженерно-технических работников и линейного персонала водохозяйственных организаций приведены соответственно в таблицах 29.5 ... 29.6.

29.4. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ГИДРОМЕТРИЯ

При технической эксплуатации мелиоративных систем для регулирования водного режима и оценки эффективности запроектированных и построенных сооружений проводят наблюдения за следующими элементами: уровнями воды в реках-водоприемниках, магистральных и нагорных каналах, а также в водохранилищах и водоемах; расходами воды в реках, каналах, коллекторах и на насосных станциях; уровнями почвенно-грунтовых вод; влажностью почвы.

Наблюдения проводят по оборудованной в соответствии с проектом сети створов наблюдательных скважин и водомерным постам на водотоках и водоемах, гидрометрическим постам для измерения расходов и пунктам

определения влажности почвы. В необходимых случаях проводят наблюдения за атмосферными осадками, высотой снежного покрова, глубиной промерзания и оттаивания почвы, толщиной льда.

Для замеров и наблюдений за уровнем грунтовых вод назначается в среднем один наблюдатель на 60 ... 80 наблюдательных скважин и постов.

29.5. КОНТРОЛЬ ЗА МЕЛИОРАТИВНЫМ СОСТОЯНИЕМ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Контроль за мелиоративным состоянием осушаемых земель необходим для решения следующих задач: оперативного выявления осушаемых земель, имеющих невысокую продуктивность сельскохозяйственного производства; установления причин неудовлетворительного состояния земель и недостаточной эффективности действия осушительных систем; разработки агро- и гидромелиоративных мероприятий, улучшающих мелиоративное состояние осушаемых земель; составления кадастра мелиоративного состояния; оценки приемлемости принятых для данных условий норм проектирования осушительных систем и накопления материала для их уточнения.

Мелиоративное состояние осушаемых земель определяется дифференцированно по комплексным показателям: уровень плодородия почвы, культуртехническое состояние, водный режим, эффективность действия и техническое состояние элементов осушительных систем. Каждый из указанных показателей характеризуется одним или несколькими критериями.

Критериями уровня плодородия почв являются мощность гумусового слоя почвы, pH солевой вытяжки, содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в почве. К критериям культуртехнического состояния относятся закамненность, засоренность почвы погребенной древесиной, неровности рельефа.

29.7. Критерии оценки мелиоративного состояния осушаемых земель Нечерноземной зоны РСФСР, Белоруссии и Прибалтийских республик

Полевые севообороты		Овощные и овоще-кормовые севообороты		Луга и пастбища	
весна (посевной период)	лето, осень	весна (посевной период)	лето, осень	весна (посевной период)	лето, осень
Хорошее мелиоративное состояние земель					
0,4...0,6 и более	0,8...1,0 / 1 и менее	0,4...0,6 и более / 5...7	1...1,3 / 0,5 и менее	0,3 / 10...26	0,6...1,0 / 1,5 и менее
Удовлетворительное мелиоративное состояние земель					
0,3...0,5	0,7...0,9 / 1 и менее	0,3...0,5 / 7...12	0,8...1,1 / 0,5...1	— / 15...30	0,5...0,9 / 2,5 и менее
Неудовлетворительное мелиоративное состояние земель					
Менее 0,3...0,4 / 15...20	0,5...0,6 / 1...2	Менее 0,3...0,4 / 10...15	0,6...0,7 / 1 и более	— / 20...40	0,3...0,8 / 2,5...3,5

Примечания. 1. Для других районов (особенно южных) критерии оценки корректируют по данным научно-исследовательских организаций.

2. В числителе — глубина залегания грунтовых вод, в знаменателе — продолжительность (сут) отвода поверхностной воды, меньшие глубины грунтовых вод соответствуют легким почвам, большие — торфяным почвам.

Комплексным критерием мелиоративного состояния осушаемых земель по водному режиму, дающим положительные результаты в основном в многоводные годы, является относительная урожайность сельскохозяйственных культур. Она определяется в виде отношения урожайности на обследуемом и «эталонном» участках.

Удобными для практического использования являются гидрологические и агрогидрологические критерии оценки состояния осушаемых земель по водному режиму.

К основным гидрологическим критериям относятся: продолжительность отвода поверхностных вод; скорость освобождения пахотного слоя от гравитационной воды или скорость понижения уровня почвенно-грунтовых вод; глубина залегания уровня грунтовых вод в различные периоды.

Применение этих критериев основано на использовании режимных наблюдений на осушительных системах.

При их отсутствии используются агрогидрологические критерии, к которым относятся сроки поспевания почвы (начало полевых работ), относительная площадь вымочек сельскохозяйственных культур и условия уборки урожая. Для применения агрогидрологических критериев необходимо располагать сравнительными данными по условиям сельскохозяйственного производства на обследуемом и «эталонном» участках.

С целью определения эффективности действия основных элементов осушительных систем оцениваются условия пропуска расчетных расходов воды в водоприемнике, оградительной и открытой проводящей сети, а также водоприемная и водоотводящая способность закрытого дренажа. Эффективность работы закрытого дренажа устанавливается по соотношению модулей дренажного стока с обследуемой и «эталонной» осушительных систем.

Путем сравнения критериев с их табличными (нормированными) значениями (табл. 29.7) делается вывод о состоянии осушаемых земель — хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное.

Глава 30. МАТЕРИАЛЫ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Для мелиоративного строительства проводят следующие виды изысканий: инженерно-геодезические, инженерно-гидрогеологические и инженерно-геологические, почвенно-мелиоративные, ботанико-культуртехнические, инженерно-гидрометеорологические, мелиоративно-гидротехнические, агроэкономические.

Цель изысканий — обеспечить комплексное изучение природных условий района (участка) строительства и получение необходимых материалов для вариантных проработок и выбора экономически обоснованных проектных решений, составления прогноза изменения окружающей природной среды в результате строительства и эксплуатации осушительной системы.

Состав и объем изысканий зависят от стадии проектирования, сложности природных условий исследуемой территории, степени ее изученности и конкретных задач проектирования.

До начала полевых работ собирают топографические, гидрогеологические и инженерно-геологические, почвенные, гидрометеорологические и другие материалы по изучаемому району или водоприемнику. На основании анализа собранных фондовых данных уточняют требуемый состав и объем изысканий с учетом стадии проектирования.

Масштаб топографической основы или фотопланов, на которых отображают результаты инженерно-геологических, гидрогеологических и других видов изысканий, должен соответствовать или быть крупнее масштаба съемки. Все виды изысканий проводят во взаимной увязке и по возможности совмещают (например, почвенно-мелиоративные и ботанико-культуртехнические).

Выбор объектов для проектирования мелиоративных систем и сооружений обосновывается в «Отраслевой схеме развития и размещения мелиорации и водного хозяйства СССР», разрабатываемой на 15 лет (по пятилеткам). В составе этой схемы для объектов стоимостью 4 млн. р. и более разрабатываются так называемые обосновывающие материалы, доказывающие целесообразность проектирования мелиоративной системы, определяется расчетная стоимость строительства и другие технико-экономические показатели. Для объектов стоимостью менее 4 млн. р. указывают местонахождение (область), целевое назначение, площадь и предельную стоимость строительства, рассчитанную по объектам-аналогам.

В одну стадию (рабочий проект) проектируют намеченные схемой осушительные системы, если их строительство будет осуществляться по типовым и повторно применяемым проектам, а также технически несложные объекты со стоимостью до 4 млн. р. В две стадии (проект и рабочая документация) проектируют крупные и сложные объекты со стоимостью более 4 млн. р.

При проектировании крупных мелиоративных систем со сроком строительства более 5 лет разрабатывается проект первой очереди, в состав которого входит схема генерального плана на весь объект в целом с выделением очередей строительства.

30.1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Задача инженерно-геодезических изысканий — получение исходных топографических материалов с целью установления наиболее целесообразного размещения сооружений и подсчета объемов земляных работ при проектировании осушительных систем, а также топографической основы для составления инженерно-геологических, гидрогеологических, почвенно-мелиоративных, ботанико-культуртехнических и других карт и планов.

Инженерно-геодезические изыскания выполняют наземными методами с использованием различных геодезических приборов, инструментов и приспособлений, а также аэрокосмическими методами.

Планы, профили, каталоги координат и высот и другие данные изысканий получают путем сбора картографических и других материалов на район работ, проведения полевых инженерно-геодезических работ по съемкам масштаба 1 : 10 000 ... 1 : 500, трассирования магистральных каналов, коллекторов, напорных трубопроводов, дамб обвалований, дорог, линий электропередачи и связи, съемок существующих магистральных каналов, коллекторов, озер, рек и других водотоков, планово-высотных привязок геологических и почвенных выработок и пунктов геофизических исследований.

Рельеф местности изображают на планах горизонталями в сочетании с высотными отметками и условными знаками. Условными обозначениями показывают промоины, обрывы, осыпи, скалы, ямы и т. д.

Высоты основного сечения рельефа горизонталями для мелиоративного строительства приведены ниже:

Масштаб съемки	Высота сечения
1 : 10 000	1 и 2
1 : 5 000 и 1 : 2 000	0,5 и 1
1 : 2 000 для вертикальной планировки по подготовленной поверхности	0,25
1 : 1 000 и 1 : 500	0,5

Микрорельеф, не выражающийся основными горизонталями, показывают на планах полугоризонталями. Полугоризонтали проводят также в местах резкого изменения рельефа и при расстоянии между основными горизонталями на плане более 30 мм. В необходимых случаях микрорельеф изображают вспомогательными горизонталями с обязательным написанием их высоты.

Средние ошибки съемки рельефа относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать по высоте: $^1/_4$ принятой высоты сечения при уклоне до 2° и $^1/_3$ высоты сечения при уклонах от 2 до 6° для карт масштаба 1 : 5000 и мельче; $^1/_3$ высоты сечения при сечении рельефа через 0,5 и 0,25 м на планах масштаба 1 : 5 000 ... 1 : 2 000; $^1/_4$ высоты сечения при съемке масштаба 1 : 2 000 с высотой сечения 0,5 м для проектирования закрытого дренажа на местности с уклоном до 1°.

Для залесенной местности эти допуски в 1,5 раза больше (съемка для проектирования закрытого дренажа на залесенной территории не допускается). Средние ошибки положения четких контуров ситуации и предметов местности на плане относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм независимо от масштаба плана.

При разработке отраслевой схемы (обосновывающие материалы) используют в основном фондовые топографические материалы масштаба 1 : 10 000 с сечением рельефа через 1 м, а при их отсутствии — карты масштаба 1 : 25 000 (только для крупных объектов).

Для обоснования технических решений при двухстадийном проектировании на стадии проекта выполняют топографическую съемку в масштабах, устанавливаемых согласно таблице 30.1.

Под простыми природными условиями при выполнении инженерно-геодезических изысканий понимается открытая местность, равнинная, заболочен-

30.1. Масштабы съемок на стадии проекта в зависимости от объекта

Объект съемки	Природные условия объекта	Весь осушаемый массив		Типовой участок		Примечание
		масштаб или измерение по поперечникам	высота сечения, м	масштаб	сечение, м	
Массив осушения открытыми каналами	Простые	1 : 10 000	1	—	—	
	Сложные	1 : 10 000	1	1:5 000	0,5	
Массив осушения закрытым дренажем	Любые	1 : 10 000	1	1:2 000	0,5	
Регулируемый водоприемник	»	1 : 5000 или поперечники через 200...300 м в характерных местах	0,5 0,5	—	—	С использованием и для рабочей документации
Нерегулируемый водоприемник		1 : 10 000 или поперечники в местах предполагаемых сбросов	1,0	—	—	
Реконструируемые каналы глубиной:						
1 м и более		Поперечники через 200... 300 м в характерных местах	—	—	—	
менее 1 м		Измеряется ширина поверху и глубина в местах изменения поперечных сечений канала	—	—	—	
Участки под вертикальную планировку		1 : 10 000	1,0	1:2 000	0,25 по подготовленной поверхности или съемка нивелированием по квадратам со сторонами 20×20 м	

30.2. Состав работ в зависимости от объекта съемки на стадии рабочей документации

Объект съемок	Природные условия объекта	Вид инженерно-геодезических работ
Массив осушения открытыми каналами	Простые	Полевая корректировка карт масштаба 1 : 10 000 с сечением рельефа через 1 м и трассировка основных нагорных и ловчих каналов, проводящей сети
	Сложные	Съемка участка осушения в масштабе 1 : 5 000 с сечением рельефа через 0,5 м и корректировка планов типовых участков на торфяных почвах
		Трассировка нагорных и ловчих каналов с капитальным креплением откосов, проводящей сети
Массив осушения закрытым дренажем	Любые	Съемка в масштабе 1 : 2 000 с сечением рельефа через 0,5 м всего осушаемого массива
		Полевая корректировка планов типовых участков на торфяных почвах
Регулируемый водоприемник	»	Полевая корректировка планов реки на участке регулирования
		Разбивка дополнительных русловых поперечников в среднем через 100 м
Нерегулируемый водоприемник		Полевая корректировка плана водоприемника
		Разбивка и нивелирование поперечников в местах предполагаемых сбросов, если эти работы не выполнялись на стадии проекта
Реконструируемые каналы глубиной 1 м и более	»	Сгущение поперечников до 100 м
Площадки под гидросооружения	»	Съемка на площади до 2 га масштаба 1 : 500, более 2 га — 1 : 2 000, если она не была выполнена на стадии проекта

ная поверхностными водами, легкопроходимая. Сложные природные условия — местность заросшая, заболоченная грунтовыми водами, средне- и труднопроходимая, с явно выраженным микрорельефом.

Состав работ при инженерно-геодезических изысканиях на стадии рабочей документации приведен в таблице 30.2.

По результатам инженерно-геодезических изысканий на стадии рабочей документации составляют: топографический план с нанесенными трассами регулируемых водоприемников, магистральных каналов, коллекторов, нагорных и ловчих каналов, напорных трубопроводов, линий электропередачи и связи, дорог и сооружений на сети, пикетажем и закрепительными знаками; копии крупномасштабных планов трасс, проходящих в сложных топографических условиях и на косогорных участках; продольные и поперечные профили регулируемых водоприемников, магистральных каналов, коллекторов, нагорных и ловчих каналов и т. д.; копии планов крупномасштабных съемок всего массива и площадок под гидротехнические сооружения; планы в масштабе 1 : 2 000 с сечением рельефа через 0,25 м для проектирования планировочных работ.

К объему и составу материалов инженерно-геодезических изысканий при одностадийном проектировании (рабочий проект) предъявляются те же требования, что и для стадии проекта и рабочей документации.

30.2. ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Задачи инженерно-гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий — определение роли грунтовых и грунтово-напорных вод в заболачивании территории, получение необходимых материалов для обоснования типа водного питания, изучение водно-солевого режима грунтовых и грунтово-напорных вод и составление их баланса, получение исходных данных для прогнозирования гидрогеологической обстановки на массиве и прилегающих к нему землях в результате мелиорации, исследование физико-геологических явлений для выбора мест расположения и конструкций сооружений и каналов и их параметров, выявление запасов естественных строительных материалов.

Основные методы этих изысканий — инженерно-гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемки. В зависимости от задач проектирования могут выполняться комплексная инженерно-гидрогеологическая съемка с элементами инженерной геологии (при изучении территорий) или комплексная инженерно-геологическая съемка с элементами гидрогеологии (при изучении строительных площадок под сооружения).

Полевые методы исследований при проведении этих изысканий приведены в таблицах 30.3 ... 30.5. Выбор метода гидрогеологических, полевых геотехнических и геофизических исследований на массивах осушения и строительных площадках сооружений, а также состав лабораторных анализов (табл. 30.6) зависят от природных условий объекта и требований проектирования.

В результате инженерно-гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий получают текстовые и графические материалы, в которых освещаются:

геоморфологические условия, особенности строения речных долин, характер террас, склонов, водоразделов, а также влияние микро- и макрорельефа на заболачивание территории;

30.3. Полевые гидрогеологические исследования

Изучаемые гидрогеологические параметры	Метод исследований	Условия применения
Коэффициент фильтрации (водопроводимости)	Одиночные и кустовые откачки из скважин	Водоносные грунты
	Откачки воды из шурфов	»
	Наливы воды в шурфы	Сухие грунты
	Стационарные наблюдения за уровнем подземных и поверхностных вод	Водоносные грунты
Коэффициенты недостатка насыщения и водоотдачи	Кустовые откачки из скважин	»
Коэффициент уровнепроводности (пьезопроводности)	Кустовые откачки воды из скважин	Водоносные грунты
	Кустовые нагнетания воды в скважины	Водоносные и сухие грунты
	Стационарные наблюдения за уровнем воды в скважинах	Водоносные грунты
Коэффициент перетекания	Кустовые откачки воды из скважины	Водоносные грунты, разделенные пластом слабоводопроницаемых грунтов

30.4. Полевые геологические исследования грунтов

Изучаемые характеристики	Метод исследований	Глубина исследования, м	Условия применения
Неоднородность состава, состояние и свойства грунтов	Статическое зондирование	До 20	Песчаные и глинистые грунты (ГОСТ 20069—74 «Грунты. Метод полевого испытания статистическим зондированием» и СН 448—72 «Указания по зондированию грунтов для строительства»)
	Динамическое зондирование	До 20	Песчаные и глинистые грунты (ГОСТ 19912—74 «Грунты. Метод полевого испытания динамическим зондированием» и СН 448—72)
	Пенетрационно-коротажные исследования	До 30	Песчаные и глинистые грунты с крупнообломочным материалом до 25% по массе
	Микропенетрация	До 2	Торфяные, песчаные, глинистые грунты
Деформационные свойства грунтов	Испытание статическими нагрузками на штампы	До 20	Крупнообломочные, песчаные и глинистые грунты (ГОСТ 12374—78 «Грунты. Метод полевого испытания статическими нагрузками»)
	Испытания прессиометрами	До 20	Песчаные и глинистые грунты (ГОСТ 20276—74 «Грунты. Метод полевого определения модуля деформации прессиометрами»)
	Статическое зондирование	До 20	Песчаные и глинистые грунты (ГОСТ 20069—74 и СН 448—72)
	Динамическое зондирование	До 20	Песчаные и глинистые грунты (ГОСТ 19912—74 и СН 448—72)
Прочностные свойства грунта	Сдвиги целиков грунта	Определяется программой	Грунты всех видов, кроме водонасыщенных песчаных и глинистых текучей консистенции
	Вращательный срез	То же	Глинистые заторфованные грунты, торф, илы (ГОСТ 21719—76 «Грунты. Метод полевого испытания вращательным срезом»)
	Микропенетрация	До 2	Торфяные, песчаные, глинистые грунты

Продолжение

Изучаемые характеристики	Метод исследований	Глубина исследования, м	Условия применения
	Статическое зондирование	До 20	Песчаные и глинистые грунты (ГОСТ 20069—74 и СН 448—72)
	Динамическое зондирование	До 20	Песчаные и глинистые грунты (ГОСТ 19912—74 и СН 448—72)

геологическое строение территории, литологический состав пород, их распространение и условия залегания в пределах глубин до первого выдержанного локального или регионального водоупора, но не глубже 25 м;

наличие, распространение и глубина залегания водоносных горизонтов, их связь между собой и с поверхностными водами, режим и баланс грунтовых вод, геофильтрационная схема массива и расчетные значения гидрогеологических параметров;

причины заболачивания, типы болот и заболоченных земель по условиям их питания (определяются с учетом результатов почвенно-мелиоративных изысканий);

характер и распространение физико-геологических процессов (оползни, размывы);

физико-механические свойства грунтов;

данные об опыте работы эксплуатируемых мелиоративных систем, расположенных в условиях, аналогичных проектируемому объекту, и влияние их на гидрогеологическую обстановку прилегающих территорий.

На основании выполненных на массиве изысканий составляют следующие карты и разрезы: карту гидрогеолого-мелиоративного районирования с величинами питания и разгрузки грунтовых и грунтово-напорных вод; инженерно-гидрогеологическую карту с указанием глубин залегания, минерализации, химического состава грунтовых и грунтово-напорных вод; гидрогеологические разрезы; инженерно-геологическую карту массива и строительных площадок крупных сооружений; карты-срезки на заданных уровнях.

По возможности карты объединяют.

Эти материалы используют в дальнейшем при составлении комплексной почвенно-мелиоративной и инженерно-геологической карты, обобщающей ре-

30.5. Геофизические исследования

Изучаемые характеристики	Комплекс основных методов
Строение массива грунтов (расчленение разреза, определение рельефа кровли скальных грунтов, установление мощности коры выветривания и т. п.) и положение уровня грунтовых вод	Вертикальное электрическое зондирование, электропрофилирование, корреляционный метод преломленных волн, метод преломленных волн
Направление, скорости течения и места разгрузки подземных вод	Метод заряженного тела, резистивиметрия, расходометрия, термометрия
Коррозионная активность грунтов и интенсивность блуждающих токов	Вертикальное электрическое зондирование, в том числе по методу вызванной поляризации, электропрофилирование, метод естественного поля

30.6. Состав лабораторных анализов грунтов при инженерно-геологических изысканиях

Вид лабораторных анализов	Осушаемая территория и зона водохранилищ		Трассы каналов		Площадки плотин, дамб, насосных станций	
	несвязные грунты	связные грунты	несвязные грунты	связные грунты	несвязные грунты	связные грунты
Гранулометрический состав	+	+	+	+	+	+
Пластичность	—	+	—	+	—	+
Содержание водорастворимых солей	+	+	+	+	+	+
Содержание гумуса	+	+	+	+	+	+
Содержание гипса	+	+	+	+	+	+
Плотность	+	+	+	+	+	+
Средняя плотность	+	+	+	+	+	+
Естественная влажность	+	+	+	+	+	+
Пористость и коэффициент пористости	+	+	+	+	+	+
Консистенция	—	+	—	+	—	+
Влагоемкость максимальная и молекулярная	+	+	+	+	+	+
Влагоемкость полная	+	+	+	+	+	+
Коэффициент фильтрации	+	+	+	+	+	+
Угол естественного откоса в сухом виде и под водой	+	—	+	—	+	—
Набухание	—	+	—	+	—	+
Размокание	—	—(+)	—	+	—	+(—)
Усадка	—	+	—	+	—	+
Компрессия	—	—(+)	—	+	—	+
Сопротивление сдвигу	—	+	—	+	—	+
Коэффициент относительной просадочности	—	—	—	+	—	+

Примечание. В скобках указано для зон водохранилищ при создании осушительно-увлажнительных систем или площадок насосных станций. Знак «+» означает необходимость проведения анализов.

зультаты почвенно-мелиоративной, инженерно-гидрогеологической и инженерно-геологической съемок и являющейся основой для проектирования мелиоративных мероприятий.

Состав и объем изысканий обеспечивают поэтапное комплексное изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий района (участка) строительства. При разработке в отраслевой схеме обосновывающих материалов полевые съемки, как правило, не проводят. Для обоснования принципиальных технических решений мелиорации массива используют фондовые гидрогеологические и геологические карты Министерства геологии СССР масштаба 1 : 200 000 ... 1 : 50 000.

Число точек наблюдений на 1 км² съемки в зависимости от вида съемки и ее масштаба (Сборник цен на проектно-изыскательские работы)

Масштаб съемки	Категории сложности	Вид съемки при наличии геологической карты требуемого масштаба								Вид съемки при отсутствии геологической карты требуемого масштаба							
		инженерно-геологическая				инженерно-гидрогеологическая				комплексная инженерно-геологическая				комплексная инженерно-гидрогеологическая			
		общее число точек	из них разведочных выработок			общее число точек	из них разведочных выработок			общее число точек	из них разведочных выработок			общее число точек	из них разведочных выработок		
			обнаженность				обнаженность				обнаженность				обнаженность		
			хорошая	удовлетворительная	плохая		хорошая	удовлетворительная	плохая		хорошая	удовлетворительная	плохая		хорошая	удовлетворительная	плохая
1 : 200 000	I	0,2	0,002	0,02	0,07	0,13	0,0015	0,015	0,04	0,5	0,005	0,05	0,15	0,45	0,0045	0,045	0,13
	II	0,3	0,003	0,03	0,09	0,16	0,0015	0,015	0,05	0,6	0,006	0,06	0,18	0,56	0,0056	0,056	0,16
	III	0,56	0,005	0,05	0,15	0,29	0,003	0,03	0,1	1,1	0,011	0,11	0,33	1	0,01	0,1	0,3
1 : 100 000	I	0,6	0,01	0,05	0,15	0,28	0,006	0,026	0,08	1,0	0,02	0,1	0,35	0,88	0,017	0,08	0,24
	II	0,84	0,015	0,07	0,22	0,42	0,009	0,04	0,13	1,5	0,03	0,15	0,5	1,32	0,026	0,13	0,39
	III	0,96	0,022	0,11	0,33	0,63	0,013	0,06	0,16	2,2	0,05	0,22	0,7	1,98	0,039	0,19	0,57
1 : 50 000	I	1,27	0,023	0,06	0,35	0,6	0,011	0,06	0,17	2,3	0,05	0,3	0,9	1,72	0,034	0,17	0,52
	II	1,94	0,03	0,09	0,45	0,94	0,017	0,09	0,26	3	0,06	0,4	1	2,69	0,053	0,26	0,78
	III	3,49	0,05	0,15	0,75	1,65	0,032	0,16	0,5	5,3	0,1	0,5	1,6	4,84	0,096	0,48	1,44

1 : 25 000	I	2,95	—	0,059	—	1,44	—	0,95	—	6	0,3	1,2	2,4	3,84	0,19	0,76	1,52
	II	5,45	—	0,218	—	2,75	—	1,75	—	9	0,4	1,6	3	7	0,35	1,4	2,8
	III	7,2	—	0,432	—	3,75	—	2,3	—	12	0,5	2	4	9,3	0,44	1,86	7
1 : 10 000	I	—	—	—	—	—	—	—	—	25	0,7	3	9	9	0,5	1,9	4
	II	—	—	—	—	—	—	—	—	30	1,3	5,5	11	23	1,1	4,8	10
	III	—	—	—	—	—	—	—	—	40	1,7	6,8	16	32	1,6	6,3	13
1 : 5 000	I	—	—	—	—	—	—	—	—	50	10	15	25	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—	—	—	—	70	17	26	35	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—	—	—	—	100	25	37	50	—	—	—	—
1 : 2 000	I	—	—	—	—	—	—	—	—	200	50	75	100	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—	—	—	—	350	87	128	175	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—	—	—	—	500	125	187	250	—	—	—	—
1 : 1 000	I	—	—	—	—	—	—	—	—	600	150	225	300	—	—	—	—
	II	—	—	—	—	—	—	—	—	1 150	287	430	575	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—	—	—	—	1 500	375	560	750	—	—	—	—

Примечание. Деление местности на категории обнаженности: районы с хорошей обнаженностью — обнажения встречаются часто в пределах речных долин и на водораздельных пространствах; с удовлетворительной обнаженностью — обнажения ограничены и приурочены к отдельным формам рельефа (склоны долин или водоразделы); с плохой обнаженностью — обнажения встречаются очень редко.

На стадии проекта при составлении схемы генерального плана также используют фондовые карты. В случае, когда материалы съемки отсутствуют или частично устарели, выполняют комплексную инженерно-гидрогеологическую и инженерно-геологическую съемку.

Масштаб съемки назначают для I категории сложности инженерно-геологических и гидрологических условий 1 : 50 000 ... 1 : 100 000, для II и III категории — 1 : 50 000. Площадь съемки может быть на 15 ... 30% больше площади осушения.

Категории сложности характеризуются следующими инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями:

I категория — однообразные осадочные породы; стратиграфия простая; маркирующие горизонты выражены ясно; залегание пластов горизонтальное или очень пологое, моноклинальное; формы рельефа несложные, хорошо прослеживаемые; подземные воды однородного химического состава, приурочены к пластам однородных пород; резкие проявления физико-геологических процессов отсутствуют;

II категория — а) однообразные осадочные породы со слабовыраженными маркирующими горизонтами; эффузивные и интрузивные породы ограниченного распространения; взаимоотношения между осадочными и изверженными породами простое, залегание пластов горизонтальное, моноклинальное или в виде простых пологих складчатых структур. Формы рельефа эрозионно-аккумулятивные с многочисленными или с неясно выраженными террасами; резкие проявления физико-геологических процессов отсутствуют; преобладают пластовые водоносные горизонты, не выдержанные по профилю и по мощности, с неоднородным химическим составом; б) районы I категории со значительным развитием физико-геологических явлений, влияющих на инженерно-геологические условия местности, или со значительным развитием пород, отличающихся низкой несущей способностью, или с невыдержанными ни по простиранию, ни по мощности водоносными горизонтами с неоднородным химическим составом воды;

III категория — а) комплекс разнообразных пород сложного литологического состава; метаморфические, эффузивные, интрузивные породы; развиты складчатые и разрывные нарушения; преобладают горные или предгорные формы рельефа; различные типы подземных вод со сложными условиями залегания; б) районы II категории со сложной труднокартируемой тектоникой или со значительным развитием физико-геологических явлений, влияющих на инженерно-геологические условия местности; в) застроенные территории подтопленные и потенциально подтапливаемые. Потребное число горных выработок и точек наблюдений определяют по таблице 30.7, при этом точки статического, динамического и геофизического зондирования без послойного описания исследуемых отложений не входят в число горных выработок, но учитываются в общем числе точек наблюдений.

Для уточнения гидрогеологических и инженерно-геологических параметров и выбора их расчетных значений при составлении схемы генерального плана предусматривают исследования на ключевых участках. Один ключевой участок обычно намечают для каждого морфогенетического элемента площадью не менее 2 тыс. га. Расположение ключевого участка увязывают с расположением опытного участка по определению водного и солевого режима почв при почвенно-мелиоративных изысканиях. Площадь ключевого участка 200 ... 500 га. Число точек наблюдений и горных выработок здесь принимают, исходя из масштаба 1 : 10 000 ... 1 : 25 000 (в зависимости от категории сложности).

В случае, если на стадии проекта схема генерального плана для строительства объекта по очередям не разрабатывалась (объект предполагается строить в одну очередь), рекомендуется выполнять комплексную съемку массива осушения в масштабе 1 : 25 000 ... 1 : 10 000, а в сложных условиях 1 : 5 000.

При одностадийном проектировании (рабочий проект) выполняют комплекс изысканий в объеме, соответствующем стадии проекта и рабочей документации.

30.3. ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Задачи почвенно-мелиоративных изысканий — получение характеристики почвенного покрова для разработки и определения стоимости мелиоративных и агротехнических мероприятий, направленных на повышение плодородия почв и урожайности, составления прогноза изменения почвенно-мелиоративных условий в процессе эксплуатации.

В процессе почвенно-мелиоративной съемки основное внимание уделяют изучению свойств и литологического строения почвообразующих и подстилающих пород в пределах верхней (2 м) толщи. Характеристика грунтов глубже 2 м обычно дается при инженерно-геологических изысканиях.

Основным методом почвенно-мелиоративных изысканий является почвенно-мелиоративная съемка объекта осушения, которая дополняется изучением водно-физических свойств почв на опытных площадках, а также водно-солевого режима почв на опытных участках.

В результате почвенно-мелиоративных изысканий составляют почвенно-мелиоративную карту и легенду к ней. На этой карте обобщены материалы почвенных, инженерно-геологических, инженерно-гидрогеологических, ботанико-культуртехнических изысканий.

Если территория объекта осушения образована породами тяжелого механического состава (моренные суглинки, озерные глины и т. д.), а источником избыточного увлажнения являются поверхностные воды, то в этом случае составляют почвенно-литологическую карту, которая в отличие от почвенно-мелиоративной отражает литологию массива до глубины 3 ... 4 м и содержит характеристику физико-механических свойств грунтов. На карте выделяют мелиоративные группы почв по потребности в осушении при различном сельскохозяйственном использовании.

Если территория массива сформирована различными в литологическом отношении породами, а избыточное увлажнение обусловлено водами различного происхождения (верховодка, грунтовые, склоновые воды и т. п.), составляют единую почвенно-мелиоративную и инженерно-геологическую карту. Участки, заболачивание которых обусловлено однородными факторами, обычно характеризуются специфическими, встречаемыми только в этом районе почвенными разновидностями.

Мелиоративное районирование на этих картах проводят в зависимости от причин заболачивания, а группировку почв внутри района — по степени заболачивания. Легенда почвенно-мелиоративной карты содержит также данные о литологии почвенного профиля и подстилающих пород, геоморфологии, гидрогеологических особенностях объекта, признаках заболачивания, водно-физических и физико-механических свойств, агрономических особенностях, рекомендуемых мероприятиях.

Почвенно-мелиоративные изыскания по сложности подразделяются на следующие категории:

I категория — районы с однородным почвенным и растительным покровом, почвенные и растительные комплексы занимают не более 15% площади, при этом болота и заболоченные участки занимают не более 5% территории;

II категория — районы с разнообразными почвообразующими породами, изменчивым растительным и почвенным покровом; почвенные и растительные комплексы занимают не более 30% территории, а болота и заболоченные земли не более 15%;

III категория — районы с сильным развитием комплексности почвенного и растительного покрова, а также с распространением скальных галечных и щебневатых грунтов. Поймы, плавни и дельты, засоленные земли. Районы с заболоченными участками и болотами, занимающими более 15% площади.

Масштаб съемки рекомендуется принимать по таблице 30.8 с учетом категории сложности почвенного покрова.

Рекогносцировочное обследование района при почвенно-мелиоративных изысканиях выполняют для детального ознакомления и геоморфологией, почвенным и растительным покровом с целью составления схемы размещения почвенных разрезов, опытных площадок по определению водно-физических

30.8. **Масштабы почвенно-мелиоративных съемок**

Предпроектные работы и стадии проектирования	Характер использования земель после осушения	Категория сложности почвенного покрова		
		I	II	III
Отраслевая схема (обосновывающие материалы)	Различный	1:25 000 и крупнее	1:25 000 и крупнее	1:25 000 и крупнее
Проект, рабочий проект, рабочая документация	Полевые и луговые культуры	1:10 000	1:10 000	1:10 000
	Сады, овощные культуры	1:10 000	1:5 000	1:2 000

свойств, уточнения методики исследований. Обычно в обследовании принимают участие почвоведы и гидрогеологи, что позволяет более обоснованно назначать места основных разрезов и гидрогеологических скважин.

Почвенно-мелиоративную съемку выполняют путем заложения почвенных шурфов (разрезов). Шурфы подразделяют на основные и прикопки.

Основные шурфы закладывают на преобладающих геоморфологических элементах рельефа для изучения строения и особенностей почвенного профиля, характера почвообразующих пород, распределения влаги, плотности, содержания солей и т. д. Их обязательно совмещают с геологическими выработками (скважинами). Координаты шурфов определяют с помощью геодезических инструментов и наносят на план. Основные шурфы закладывают до грунтовых вод. На сильно обводненных почвах вместо шурфов почвенным буром устраивают скважины глубиной 2 м.

Прикопки закладывают на глубину 60 см для уточнения границ почв по каким-либо признакам (мощность, механический состав, степень оглеения, генетическая принадлежность и т. д.). Каждый почвенный контур обосновывается основными шурфами и прикопками (1 ... 2 прикопки на каждый шурф).

На топографическую основу наносят контуры, минимальная площадь которых зависит от масштаба съемки (табл. 30.9).

Число шурфов зависит от сложности почвенных условий объекта и масштаба съемки (табл. 30.10).

На минеральных неоднородных почвах, требующих осушения, в целях более полной характеристики механического состава почв, их оглеенности, карбонатности, агрегированности, мощности гумусового горизонта и других признаков, необходимых при расчетах междренных расстояний по специальным номограммам, кроме шурфов и прикопок, с помощью зондировочных буров закладывают скважины глубиной до 2 м (из расчета 1 скважина на 1 ... 3 га). Эти работы выполняют на стадии проекта или рабочего проекта.

На болотах при изысканиях для обоснования проекта или рабочего проекта выполняют зондирование торфяной залежи по заранее разбитым попе-

30.9. **Минимальная площадь выделяемых контуров**

Масштаб съемки	На местности, га	На карте, см²
1:200 000	80	0,2
1:100 000	50	0,5
1:50 000	12	0,5
1:25 000	3	0,5
1:10 000	0,5	0,5
1:5 000	0,25	1
1:2 000	0,04	1

30.10. **Среднее число основных шурфов, закладываемых на 1 км²**

Масштаб съемки	Категория сложности		
	I	II	III
1:200 000	0,08	0,11	0,15
1:100 000	0,20	0,25	0,33
1:50 000	0,75	0,9	1,2
1:25 000	1,5	2,0	2,5
1:10 000	3,0	5,6	6,7
1:5 000	8,0	12,0	15,0
1:2 000	20,0	25,0	35,0

речникам через 100 ... 400 м с частотой зондировочных точек через каждые 100 м поперечника.

Зондирование ведут послойно через 25 см на всю глубину торфяной залежи до минерального дна. В процессе зондирования фиксируют глубину попадания на пни, сапропелевые отложения и прочие прослойки. Подробное описание ботанического состава, степени разложения торфа выполняют в пунктах, число которых составляет 5% общего числа зондировочных точек.

На минеральных почвах в процессе полевой съемки на каждой почвенной разности в 5-кратной повторности отбирают образцы почв по генетическим горизонтам и литологическим слоям. Общее число шурфов на минеральных почвах, из которых отбирают образцы, составляет 7%. Эти образцы подвергают лабораторным анализам.

Для подзолистых, дерново-подзолистых, серых и бурых лесных, пойменных почв лесной и лесостепной зоны определяют: 1. Гигроскопическую влагу; 2. Механический состав по Н. А. Качинскому и число пластичности; 3. Гумус по И. В. Тюрину; 4. Валовой азот по Кьельдалю; 5. pH водной и солевой вытяжки; 6. Поглощенные основания (Ca^{2+} и Mg^{2+}) по К. К. Гедройцу; 7. Сумму поглощенных оснований по Каппену; 8. Поглощенный водород по К. К. Гедройцу; 9. Гидролитическую кислотность по Каппену; 10. Обменную кислотность по А. В. Соколову; 11. Гидролизуемый азот по Тюрину — Кононовой; 12. Подвижные фосфаты по А. Г. Кирсанову; 13. Обменный калий по А. Л. Масловой; 14. Устойчивость кротовых дрен по Ф. Р. Зайдельману на глубинах 35 ... 45, 65 ... 75 и до 100 см.

Для торфяных, перегнойно-торфяных почв в любой зоне делают анализы в соответствии с пунктами 4, 5, 9, 10, а также определяют естественную влажность, ботанический состав торфа и степень разложения, водную вытяжку (в засоленных почвах). Приведенные виды анализов почв могут быть сокращены или расширены в зависимости от задач проектирования.

Особое значение при проведении изыскания для проектирования закрытых осушительных систем имеет установление содержания в грунтовых водах закисного железа. В связи с большой изменчивостью этого показателя для объективной оценки пробы грунтовых вод следует отбирать на спаде паводка (апрель — май) или в сентябре — октябре при высоких уровнях грунтовых вод не ранее чем через сутки после выпадения дождей.

Места отбора проб в плане следует располагать по направлению движения потока грунтовых вод и так, чтобы был охарактеризован каждый почвенный контур.

Число точек отбора проб на содержание закисного железа рекомендуется определять в зависимости от масштаба съемки и сложности природных условий по таблице 30.11.

Простыми условиями характеризуется территория с однородным литологическим строением почв, сложными — территория с неоднородным литологическим строением, грунтово-напорным водным питанием.

Для отбора проб пробуривают скважины диаметром около 10 см до глубины 1,5 ... 2 м, откачивают воду из скважины, закрывают ее крышкой и после восстановления уровня воды, но не позднее 2 ... 3 ч с момента бурения скважины отбирают пробу воды интеграционным способом, не захватывая воду с поверхности.

Концентрацию закисного железа целесообразно определять в полевых условиях. При стабилизации отобранных проб ацетатным буферным раство-

30.11. Среднее число скважин для отбора проб воды на 1 км²

Масштаб съемки	Природные условия	
	простые	сложные
1:5 000	20	100
1:2 000	50	200

30.12. Среднее (ориентировочное) число выработок на 1 км²

Вид анализов	Масштаб съемки		
	1 : 10 000	1 : 5000	1 : 2000
pH солевой вытяжки	30...40	50...60	100
Емкость поглощения, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований	3...4	5...6	10

ром анализы проводят в лаборатории, но не позже 3 сут с момента отбора пробы.

По материалам изысканий при наличии скважин с концентрацией закисного железа более 8 мг/л составляют карту изолиний концентраций, на основании которой уточняют места с потенциально высоким уровнем содержания закисного железа, где проводят дополнительный отбор проб грунтовых вод.

При составлении картограмм известкования кислых почв среднее число выработок на 1 км² определяют по таблице 30.12.

Образцы для этих целей отбирают буром до глубины 30 см.

Водно-физические свойства почв изучают на опытных площадках, закладываемых на типичных для массива почвах. В результате выполнения полного комплекса работ по изучению водно-физических свойств почв для обоснования проектов осушения в зоне избыточного увлажнения получают следующие характеристики: предельную полевую влагоемкость (при залегании грунтовых вод глубже 1,5 м) или динамическую влагоемкость (при залегании грунтовых вод до 1,5 м); среднюю плотность и плотность; общую порозность; влажность устойчивого завядания растений; водоотдачу; водопроницаемость водоупорных и дренирующих прослоек.

Число точек для изучения водно-физических свойств зависит от сложности почвенного покрова и литолого-гидрогеологических условий массива. Точки по изучению водно-физических свойств (при необходимости только пункты по определению фильтрационных свойств или других показателей) размещают на каждой почвенной разновидности. При глубоком залегании грунтовых вод водопроницаемость определяют путем налива воды в рамы или скважины, а при близком — по восстановлению уровня воды в скважине.

Число точек можно определить по данным таблицы 30.13.

30.13. Средняя площадь, приходящаяся на одну точку по изучению водно-физических свойств почв, км²

Масштаб съемки	Площадь съемки, км²	Категория сложности		
		I	II	III
1:200 000	Любая	1 600	1 000	500
1:100 000	Более 1 600	600	500	400
	1 600...1 000	500	400	300
	1 000...400	400	300	200
1:50 000	Более 1 000	200	170	140
	1 000...500	175	145	115
	500...100	160	120	110
1:25 000	Более 500	60	50	40
	500...200	55	45	35
	200...100	50	40	30
	100...25	45	35	25
1:10 000	Более 100	25	23	21
	100...50	20	18	16
	50...25	15	13	11
	25...5	10	8	6

При почвенно-мелиоративных съемках масштаба 1 : 5 000 и крупнее число точек для определения водно-физических свойств устанавливают, исходя из условия получения необходимой информации для принятия обоснованного технического решения на стадии проекта, рабочего проекта или рабочей документации.

30.4. БОТАНИКО-КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Задачи изысканий — выявить потребность земель в культуртехнических мероприятиях и влияние их на окружающую среду, определить объем работ.

Ботанико-культуртехнические изыскания проводят, как правило, одновременно с почвенно-мелиоративной съемкой. Их выполняют для обоснования как проектов осушения, так и проектов культуртехнических мероприятий на землях, не требующих осушения. Объем и состав изысканий в обоих случаях одинаковы.

В результате этого вида изысканий составляется ботанико-культуртехническая карта с экспликацией.

Масштаб ботанико-культуртехнической съемки рекомендуется определять по таблице 30.14.

К I категории сложности ботанико-культуртехнических изысканий относятся суходольные и пойменные луга с малоценным травостоем, легкопроходимые болота, слабозаросшие территории с закамненностью почв в слое 40 см не более 10 м³/га. Число геоботанических и культуртехнических контуров на 1 дм² карт не более 5.

Ко II категории сложности относятся леса, густые кустарники, заросшие болота с однородным составом древостоя, территории с закамненностью 10 ... 50 м³/га. Число геоботанических и культуртехнических контуров на 1 дм² обычно составляет 6 ... 15.

К III категории относятся леса со сложным составом древостоя, культурные сенокосы и пастбища с ценными в кормовом отношении травостоями, территории с закамненностью более 50 м³/га. Число геоботанических и культуртехнических контуров на 1 дм² карты более 15. К этой же категории сложности относятся территории с большим числом траншей и воронок, бывшие населенные пункты, труднопроходимые болота, торфоразработки и т. д.

Минимальная площадь контура с одинаковыми растительными группировками или культуртехническими свойствами, выделяемого на ботанико-культуртехнической карте, зависит от масштаба (табл. 30.15).

Каждый выделяемый на карте контур угодий, растительных группировок и культуртехнических свойств почв обосновывается путем общего описания и устройства учетных площадок для количественной оценки различных свойств.

Среднее число описаний и учетных площадок на 1 км² принимается по таблице 30.16.

30.14. Масштабы ботанико-культуртехнической съемки

Предпроектные работы и стадии проектирования	Категория сложности		
	I	II	III
Отраслевая схема (обосновывающие материалы)	1:100 000 1:50 000	1:100 000 1:25 000	1:100 000 1:25 000
Проект	1:25 000 1:10 000	1:10 000 1:5 000	1:5 000
Рабочий проект	1:5 000	1:5 000	1:5 000
Рабочая документация	1:5 000	1:5 000	1:5 000

30.15. Минимальная площадь контуров, выделяемых на ботанико-культуртехнической карте

Масштаб съемки	На местности, га	На карте, см²
1:100 000	50	0,5
1:50 000	12	0,5
1:25 000	3	0,5
1:10 000	1	1
1:5 000	0,5	2

30.16. Среднее число описаний и площадок на 1 км²

Масштаб съемки	Категория сложности		
	I	II	III
1:100 000	1	2	3
1:50 000	2	3	5
1:25 000	3	5	8
1:10 000	10	14	20
1:5 000	20	28	40

Ботанико-культуртехническая съемка включает описание растительных группировок и состояния угодий, заложение площадок для учета культуртехнических угодий, проведение укосов для оценки урожайности лугов, сенокосов и пастбищ, определение закамненности в слое почвы мощностью 40 см и пнистости торфяных почв в верхнем слое мощностью 50 см (включая погребенные пни и стволы), учет различных проявлений производственно-хозяйственной деятельности человека (карьеров, валов выкорчеванной древесины, остатков построек и т. д.), а также физико-геологических процессов (оврагов, карстовых воронок и т. д.), обобщение полученных материалов и нанесение на карту контуров угодий, растительных группировок и их культуртехнических свойств.

При проведении ботанико-культуртехнических съемок на карте отображают следующие угодья: леса (с выделением вырубок и гарей), мелколесье и кустарники, заросли вдоль каналов и русл рек, луга, болота, места раскорчевок, пахотные угодья и залежи, овраги и балки, участки бывших построек.

К лесам относятся площади, на которых число деревьев на 1 га при одновозрастном древостое составляет при диаметре стволов более 32 см — более 20, 24...32 см — более 40, 16...23 см — более 75, 12...15 см — более 100. В разновозрастных лесах учитывают общее число деревьев всех размерных групп.

Основой при картировании лесов является выделение контуров, однородных по составу, густоте и крупности древостоя (табл. 30.17).

Количественный учет видового состава древостоя проводят по группам пород: ель и сосна, береза, осина и ольха, ивы, дуб, вяз и клен. Размер учетного участка для густых насаждений составляет 10×10 м, для редких — не менее 50×50 м.

Площади, на которых сведен лес и сохранились пни, относят к вырубкам. Здесь возможно наличие одиночных деревьев и поросли. Описание и учет пней проводят на участках размером 10×10 м по диаметрам до 18 см, 18...26, 27...34 и более 34 см. При этом отмечают состояние пней (крепкие, полусгнившие, трухлявые) и их число.

При описании лесов, подвергшихся пожарам (гари), фиксируют характер и степень поврежденности деревьев.

30.17. Классификация лесов по густоте и крупности древостоя

Древостой	Диаметр (см) стволов на высоте 1,3 м	Густота леса		
		густая	средняя	редкая
		число деревьев на 1 га		
Крупный	Более 32	320	200	80
Средней крупности	24...32	520	340	160
Мелкий	16...23	850	500	300
Очень мелкий	12...15	1400	850	400

К **мелколесью и кустарникам** относят древесно-кустарниковую растительность с диаметром стволов до 11 см (кустарник до 7 см, мелколесье 7... 11 см) при покрытии ею более 60% площади, а также при 30... 60% зарастаемости и наличии отдельных деревьев, число которых не позволяет считать эту территорию лесом (см. выше). Кустарник и мелколесье в зависимости от высоты подразделяют на 3 группы: до 1, 5 и 8 м.

На ботанико-культуртехнической карте отображают степень покрытия **древесно-кустарниковой растительностью** полос шириной 2 м вдоль каналов и русл рек, их откосов и дна.

При картировании лугов (естественных и улучшенных) выделяют растительные сообщества, однородные по составу, структуре. Название различных группировок и типов кормовых угодий дается по доминирующим растениям, причем в названии на последнем месте ставится господствующее растение. При составлении списков растений их группируют по основным кормовым группам (злаки, осоки, бобовые, разнотравье и т. д.). Площадь учетных участков обычно не превышает 100 м².

Для определения урожайности и хозяйственной ценности лугов с хорошим травостоем, а также улучшенных и сеяных сенокосов и пастбищ в наиболее типичных местах растительных группировок закладывают укосные участки площадью до 1 м² в 3-кратной повторности.

Время укосов по возможности совмещают с нормальным периодом сенокошения. Число укосов в зависимости от масштаба съемки составляет: при масштабе 1 : 5 000 и 1 : 10 000 — 1-й укос на 10 га; при 1 : 25 000 ... 1 : 50 000 — 1-й укос на 25 га луга.

Характеристика лугов содержит данные о мощности дернины, ее связности (рыхлая, плотная, очень плотная) и составе (землистая, торфянистая). По мощности дернину подразделяют на маломощную (до 6 см), среднюю (6... 12 см) и мощную (более 12 см).

Кочки учитывают на участках размером 5×5 или 10×10 м, которые закладывают в наиболее характерных местах их распространения. При этом отмечают происхождение кочек (осоковые, скотобойные), состав (травяные, землянистые), высоту и средний диаметр по каждому типу. Повторность участков по учету кочек 2... 3-кратная.

Исходя из технологии производства работ по сведению кочек градации по их высоте для выделения на карте приняты следующие: до 15, 16... 25, 26... 50 и более 50 см.

При оконтуривании закочкаренных угодий выделяют следующие градации: до 10 тыс. на 1 га — слабо, 10... 20 тыс. — средне, более 20 тыс. на 1 га — сильно закочкаренная территория.

К **болотам** относят избыточно увлажненные территории, покрытые торфом слоем не менее 30 см в неосушенном состоянии. При проведении ботанико-культуртехнических изысканий описание травянистой кустарниковой растительности и мохового покрова болот проводят с полнотой, позволяющей определить тип болота.

К особенностям ботанико-культуртехнической съемки на болотах относится необходимость учета пнистости, выраженности мезо- и микрорельефа и мохового очеса.

Под **пнистостью** торфяных почв понимается содержание в торфяной залежи как пней, так и стволов деревьев. При определении пнистости, кроме естественных условий торфообразования учитывают наличие утопших дорог — гатей, топляка в пойменных болотах сплавных рек и т. д.

Пнистость определяют в верхнем слое мощностью 50 см торфяных почв (без очеса). Для этой цели выполняют зондирование торфа на глубину 50 см с фиксацией попадания в пень или погребенный ствол. Зондирование выполняют буром по створу длиной 100 м (через 1 м) или по двум створам длиной 50 м, расположенным на расстоянии 1 м один от другого. Линии зондирования служат учетными площадками.

Число учетных площадок на 1 км² при масштабе съемки 1 : 100 000 принимают 0,5, 1 : 50 000 — 1, 1 : 25 000 — 2, 1 : 10 000 ... 1 : 5 000 — 4.

В зависимости от числа попаданий в древесные остатки определяют пнистость торфяной залежи (в процентном выражении).

Для удобства проектирования культуртехнических и гидротехнических мероприятий картирование проводят по следующим группам пнистости: очень слабая (до 0,5%), слабая (0,6 ... 1,0%), средняя (1,1 ... 2,0%), сильная (2,1 ... 3,0%), очень сильная (более 3%).

Выраженность мезо- и микрорельефа при наличии мочажин, гряд или бугров оценивают путем определения доли каждого из элементов рельефа (в процентах к общей площади).

При описании **мохового очеса** (покров из мхов, не затронутых процессом оторфовывания) отмечают его мощность и связность, что важно для разработки технологии производства всех видов работ на болоте. Связность определяют сопротивлением на разрыв. При слабой степени связности очес легко разделяется на отдельные волокна, при средней — волокна разделяются с трудом, при сильной — волокна не разделяются, а рвутся. На карте выделяют контуры со следующей мощностью: до 15 см — мелкоочесные, 16 ... 20 — среднеочесные, 21 ... 25 — выше среднего и более 25 см — грубоочесные.

При описании **торфоразработок, выработанных торфяников и торфяных гарей** по не затронутым торфоразработкой и гарью площадям устанавливают тип болота. При наличии ям, карьеров заростность древесно-кустарниковой растительности дается для ям, карьеров и между ними.

При съемке **раскорчевок** (площади, где проводились работы по сведению древесно-кустарниковой растительности) отмечают характер поверхности, наличие ям, их размер. При наличии на поверхности древесных остатков дается характеристика их размещения (валы, кучи беспорядочного состава, деревья, кусты, камни) и количества.

При съемке **пахотных угодий** отмечают характер их использования, состояние посевов, наличие вымочек. При выявлении площадей, которые явно ранее использовались под пашню (наличие следов пахоты и т. д.), их выделяют в самостоятельные контуры.

Овраги и балки при съемке характеризуют по степени задернованности, развития древесно-кустарниковой растительности, ее состоянию. При образовании новых размывов их места отмечают на карте.

При съемке на карте показывают **участки бывших построек**, которые предусматривается включить в освоение под сельскохозяйственные угодья. При этом в экспликации указывают число фундаментов по типам (отдельные столбы, ленточные и пр.) и материалам, их размеры, другие сооружения, подлежащие сносу, объем строительного мусора.

Одной из основных задач ботанико-культуртехнической съемки является оценка **закамненности почв**. По крупности камни делятся на глыбы (размер более 100 см), крупные камни (60 ... 100 см), средние (30 ... 60 см), мелкие (5 ... 30 см). Камни могут быть поверхностные, полускрытые и скрытые.

Учет полускрытых и скрытых камней размером более 5 см при ботанико-культуртехнической съемке проводят на глубину 40 см. Глубже учет камня выполняется при почвенно-мелиоративной и инженерно-геологической съемках (если эти виды съемок не совмещены).

Для учета поверхностных и полускрытых камней предварительно по визуальной оценке определяют контуры с наличием камней на площади менее 10%, 10 ... 20% и более 20%. В пределах выделенных контуров и типич-

30.18. Число учетных площадок и пробных выемок на 1 км² при учете скрытого камня

Масштаб съемки	Категория сложности		
	I	II	III
1:100 000	0,38	0,5	0,63
1:50 000	0,75	1	1,25
1:25 000	1,5	2	2,5
1:10 000	3	4	5
1:5 000	6	8	10

ных местах закладывают учетные площади размером 10×10 м (при сильной каменистости 5×5 м). Все поверхностные и скрытые камни размером 5 ... 30 см собирают и определяют их объем. Объем глыб, крупных и средних камней подсчитывают отдельно.

Для учета скрытых камней на тех же учетных площадках закладывают пробные выемки размером 2×2 м и глубиной 0,4 м, в которых аналогичным образом оценивают содержание камней. Число учетных площадок и пробных выемок принимают по таблице 30.18.

Общее содержание поверхностных, полускрытых и скрытых камней в слое 40 см характеризует степень закаменности почв. Картирование почв по каменистости выполняется по следующей градации: 1 ... 5; 5 ... 10; 10 ... 25; 25 ... 50; 50 ... 100; 100 ... 200; 200 ... 300; 300 ... 500 и более 500 м³/га.

Естественные и искусственные скопления камней (в том числе места их захоронения) также отмечают на карте.

Конечные результаты учета закамненности приводят в экспликации к ботанико-культуртехнической карте с выделением видов камней по размерам и по слоям почвы (0 ... 20 и 20 ... 40 см.)

30.5. ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Задачи изысканий — получение материалов по гидрологическому режиму водоприемника (водоисточника — в случае проектирования осушительно-увлажнительной системы), отдельных его участков или в заданных створах; данных по климатологии, необходимых для проектирования мелиоративной системы, а также для оценки возможных изменений гидрометеорологических условий территории под воздействием строительства и эксплуатации системы.

В состав инженерно-гидрометеорологических изысканий входят: сбор, анализ и обобщение данных о гидрологических и метеорологических условиях района строительства, включая материалы ранее выполненных изысканий; рекогносцировка; гидрологические наблюдения и исследования; гидрографические работы; определение требуемых для проектирования расчетных параметров.

При разработке отраслевой схемы полевые гидрологические работы обычно не проводят. В этих случаях используют материалы гидрологических наблюдений, а также литературные данные.

При составлении отраслевой схемы для объектов осушения (включая объекты, на которых предполагается строительство осушительно-увлажнительных систем) в общем случае необходимо следующее: физико-географическая характеристика территории; гидрометеорологическая изученность; норма годового стока и его изменчивость; годовые расходы воды расчетной обеспеченности; внутригодовое распределение стока; кривые связи расходов воды с уровнями в створах намечаемых сооружений и местах впадения магистральных каналов; гидрографы стока для всех расчетных периодов; ледовый режим; мутность воды за вегетационный период и ее химический состав; сведения о деформации русла; климатические данные (температура воздуха, осадки, ветер, влажность воздуха, испарение с поверхности суши и водной поверхности, глубина промерзания почвы).

На стадиях проекта или рабочего проекта вначале устанавливают содержание гидрологических и водохозяйственных расчетов с учетом особенностей водоприемника (водоисточника), типа и класса проектируемых сооружений и выявляют вопросы, требующие уточнения в полевой обстановке при рекогносцировочном обследовании и стационарных наблюдениях.

Организации полевых гидрологических изысканий предшествует ознакомление с гидрологическими и климатическими сведениями по данному водотоку (водоему), а в случае их отсутствия — по соседним водотокам-аналогам.

Для обоснования проекта (рабочего проекта) осушительной системы с удовлетворительными водоприемниками необходимы: максимальные уровни и расходы воды половодья и паводков; уровни и расходы воды предпосевного и меженного периода; климатические данные (температура воздуха и почвы, продолжительность вегетационного периода, даты сева, осадки, запасы воды в снеге, глубина промерзания грунта, испарение с почвы); расходные характеристики нагорных каналов.

Для систем с неудовлетворительными водоприемниками дополнительно требуются: объемы стока половодий и паводков; расчетные графики колебаний уровней и расходов воды в периоды половодий и паводков, а для польдерных систем — годовые; зимний и ледовый режимы.

При проектировании осушительно-увлажнительных систем в задачу гидрологических изысканий входит также получение следующих данных: нормы годового стока водоисточника и его изменчивость; годовые расходы воды расчетной обеспеченности; внутригодовое распределение стока по месяцам (декадам) для лет расчетной обеспеченности; водный баланс участка реки; мутность и химический состав воды в вегетационный период.

При недостаточной гидрологической изученности объекта проводят рекогносцировочные обследования водотоков и водоемов, намеченных к использованию в качестве водоприемников, и их бассейнов, а для объектов с площадью осушения более 500 га организуют измерения уровней и расходов воды продолжительностью не менее года.

При проведении мелиоративных работ в малоизученном районе в течение 5 лет и более организуют наблюдения на одном из водотоков объекта для использования его в дальнейшем в качестве аналога.

Полевые гидрологические изыскания для обоснования проектов (рабочих проектов) осушения могут включать рекогносцировочные обследования рек и их участков, озер, бассейнов рек и озер, гидрологические наблюдения за уровнями и расходами воды, твердым стоком, ледовыми явлениями, а также русловые исследования при деформирующемся русле.

Реки обследуют по участкам с различными гидрологическими условиями и приточностью (резкое изменение глубины, появление островов, рукавов, порогов, изменение ширины и уклонов, впадение крупных притоков, изменение типа поймы).

При рекогносцировочном обследовании озера промеряют глубину, опробуют грунт дна, определяют цвет и температуру воды, зарастаемость озера, отбирают пробы воды на химический анализ, фиксируют высотные отметки уровней высоких вод. Собирают также сведения о бассейне озера: уточняют границы водосбора, определяют крутизну склонов, характер почв и растительности.

Глубину озера измеряют по поперечникам, число которых назначают в зависимости от конфигурации и площади озера.

Рекогносцировочное обследование бассейнов рек-водоприемников (водоисточников) проводят, если необходимо уточнить границы водосборной площади и бессточных понижений, установить наличие карстовых явлений, отметить места пропуска паводочного стока под железными и автомобильными дорогами, уточнить расположение существующих осушительных систем, карьеров торфоразработок, отметить изменение лесистости и распаханности поверхности водосборного бассейна.

Особенно тщательно эти материалы собирают для бассейнов малых рек (до 100 км²), так как расчетные параметры для них определяют по эмпирическим формулам.

При проведении гидрометрических наблюдений в течение всего годового цикла измеряют уровни и расходы воды на специально созданных гидрометрических станциях или створах. Для определения коэффициента шероховатости русла одновременно с расходом воды измеряют уклон водной поверхности.

При проектировании водохранилищ и оросительных насосных станций для осушительно-увлажнительных систем в состав гидрологических наблюдений могут входить измерения твердого стока, особенно в районах с большой эрозионной деятельностью.

Наблюдения за уровнями, расходами воды, твердым стоком выполняют согласно «Наставлениям гидрометеорологическим станциям и постам».

При проведении гидрологических наблюдений за ледовыми явлениями фиксируют сроки образования, прохождения и исчезновения льда и соответствующую им гидрологическую и метеорологическую обстановку (уровни воды, температура воды и воздуха, толщина снежного покрова на льду и т. д.), размер льдин, направление струй.

Химический состав воды определяют для того, чтобы выяснить пригодность ее для увлажнения осушаемых земель и для оценки агрессивных свойств при воздействии на бетонные и железобетонные гидротехнические сооружения. Для выяснения режима химического состава вод пробы для анализов отбирают в различные фазы стока: летнюю и зимнюю межень, половодье, дождевые паводки. Пробы берут в объеме не менее 1,5 л с глубины 0,2 ... 0,5 м на стрежне реки (при ширине реки более 200 м — на стрежне и у берегов).

Русловые исследования и изучение динамики потока проводят при деформирующемся русле. Состав и объем русловых исследований устанавливают в каждом случае в зависимости от конкретных условий объекта и наличия материалов предыдущих исследований. В состав работ входят рекогносцировка реки на исследуемом участке, плановая и высотная съемка реки с промерами русла на участке проектируемого сооружения, визуальные наблюдения за деформацией берегов, определения направления струй и скоростей течения при различных уровнях воды, периодические съемки поперечников (поперечники разбивают друг от друга на расстоянии ширины реки, но не более 100 м), наблюдения за количеством взвешенных и влекомых по дну наносов, определение их гранулометрического состава.

В процессе камеральной обработки гидрологических материалов выполняют систематизацию и анализ собранных до начала полевых изысканий данных опорной сети с оценкой полноты и качества наблюдений, а также обработку материалов полевых изысканий и исследований.

При подготовке рабочей документации полевые гидрологические работы, как правило, не проводят. Необходимость в таких работах может возникнуть в следующих случаях: при рассмотрении проекта выявляются вопросы, требующие изучения в полевых условиях; при внесении в проект существенных изменений (изменение расчетного створа и т. д.).

При производстве гидрологических расчетов точность вычислений не должна превышать точность натурных измерений. Гидрологические характеристики вычисляют с точностью: уровень воды до 1 см, глубину до 5, 10, 20 см в зависимости от глубины источника, ширину реки от 0,2 до 2 м, длину реки от 0,1 до 1 км, скорости течения воды до 0,01 м/с, температуру воды до 0,1 °С. Модули и коэффициенты стока, мутность воды, расходы наносов и уклоны водной поверхности выражают двумя значащими цифрами, площади водного сечения, расходы воды — тремя значащими цифрами.

30.6. МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Задача изысканий — рекогносцировочное обследование объекта и прилегающей территории для выяснения условий сброса воды с осушаемой территории в водоприемник, установления границ заболоченных земель, возможного затопления территории весенними и летними паводковыми водами, источников водного питания и причин заболачивания, способа осушения, описания существующей осушительной сети, а также реки-водоприемника по наличию травяной и древесной растительности, устойчивости берегов, предварительного отбора участков, где необходимо регулирование реки, определения сложности и состава всех видов изыскательских работ, уточнения хозяйственных условий строительства.

Объем и состав изысканий определяют в зависимости от поставленных задач. Эти изыскания можно выполнить в два этапа: предварительные и окончательные.

Предварительные мелиоративно-гидротехнические изыскания на стадии отраслевой схемы включают сбор материалов изысканий прошлых лет, сведений о производственной мощности и технической оснащенности строительной организации, на которую предлагается возложить строительство, перспективы ее развития, данные о фондах строительных материалов. На основании изучения и оценки этих данных выполняют рекогносцировочное обследование объекта для уточнения природных и хозяйственных условий, состояния крупных гидротехнических сооружений и мелиоративной сети, карьеров строительных материалов, намечаемых стройплощадок и трасс линий сооружений (линий электропередачи, подземных коммуникаций и т. д.). В процессе обследования устанавливают виды, состав и сложность выполнения полевых изыскательских работ.

Окончательное обследование при разработке обосновывающих материалов на стадии отраслевой схемы может включать проверку предложений об использовании водотоков в качестве водоприемника или водоисточника, уточнение выбора мест под крупные сооружения и трасс ответственных линейных сооружений. Во время окончательного обследования при необходимости уточняют состояние существующих мелиоративных систем и сооружений, эффективность их работы, а также согласовывают технические проработки с заинтересованными организациями.

Предварительные мелиоративно-гидротехнические изыскания на стадии проекта и рабочего проекта проводят только тогда, когда детальность разработки схемы недостаточна для составления задания на проектирование, программы и смет на проектно-изыскательские работы. В этом случае при обследовании собирают недостающие материалы.

Окончательные мелиоративно-гидротехнические изыскания проводят на основании предварительных проектных проработок по объекту для уточнения мест строительства сооружений, размера основных отчуждений в связи со строительством, выяснения условий организации и производства мелиоративных работ, определения возможности и условий получения электроэнергии и воды, а также использования существующих дорог и линий связи.

30.7. АГРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Задачи изысканий — сбор материалов, необходимых для разработки мероприятий по организации сельскохозяйственного производства на осушаемых землях и определения эффективности капитальных вложений.

Состав и объем работ зависят от сложности объекта и стадии проектирования. При разработке отраслевой схемы собирают следующие данные:

сведения о земельном фонде по угодьям и землепользователям в современном состоянии и по перспективному плану развития сельского хозяйства; планы внутрихозяйственного землеустройства;

сведения о размерах и местоположении мелиорируемых земель и их использовании;

посевные площади, многолетние насаждения, их состав с выделением площадей на мелиорируемых землях (по видам) в современных условиях и на перспективу;

схемы севооборотов;

сведения об урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе на мелиорируемых землях (по видам), продуктивности сенокосов, пастбищ (эти данные собирают за возможно большее число лет или за характерный ряд, отражающий чередование благоприятных и неблагоприятных по влажности лет, и сопоставляют с материалами опытных учреждений и Госсортсети, а также передовых хозяйств);

поголовье по видам скота с выделением маточного состава, птицы по каждому хозяйству; продуктивность животных за многолетний период, рацион кормления (современные и перспективные);

валовая и товарная продукция растениеводства и животноводства, в том числе с осушаемых земель (по видам), ее стоимость, обеспеченность скота кормами;

себестоимость продукции, ее структура, закупочные цены, доходность по видам продукции; чистый доход на 1 га основных культур; чистый доход от растениеводства и животноводства; рентабельность хозяйств;

общее население совхозов и колхозов; сведения о современной и намечаемой на перспективу численности рабочих в совхозах, о числе членов колхозов, из них трудоспособных, в том числе занятых в сельском хозяйстве; население городов и промышленных центров; нормы потребления сельскохозяйственных продуктов на душу населения (современные и перспективные);

затраты труда на 1 га основных сельскохозяйственных культур и на производство 1 т продукции (современные и перспективные), затраты труда по уходу за скотом по видам сельскохозяйственных животных; обеспеченность рабочей силой; возможность переселения в данный регион;

техническая оснащенность сельского хозяйства (тракторы, сельскохозяйственные машины, оборудование и транспортные средства) в среднем по району и по передовым хозяйствам;

процент механизации основных видов работ в растениеводстве и животноводстве;

размер, стоимость, структура основных производственных фондов (технические средства, продуктивный и рабочий скот, плодово-ягодные насаждения, производственные здания и сооружения);

основные показатели (чистый доход на 1 га, срок окупаемости) экономической эффективности ранее проведенных мелиораций;

размещение заготовительных пунктов, предприятий переработки сельскохозяйственных продуктов, их мощность (современная и перспективная), межхозяйственных ремонтных мастерских, ремонтных заводов;

материалы научных, проектных и других учреждений по вопросам развития сельского и водного хозяйства;

передовой опыт ведения хозяйства и получения высоких производственных показателей в растениеводстве и животноводстве; применяемая технология производства в основных отраслях сельского хозяйства; определение резервов повышения уровня технологии в массовом сельскохозяйственном производстве обследуемой территории по сравнению с передовыми хозяйствами и необходимых мероприятий для использования этих резервов;

карты и материалы торфяного кадастра;

сведения о современной контурности сельскохозяйственных угодий и влияние их на производительность труда и хозяйственную деятельность;

картограммы потребности почв в известковании, сведения о пунктах получения извести и других материалов для известкования почв; средняя стоимость извести и минеральных удобрений по районам;

планы лесоустройства с характеристикой лесонасаждений по кварталам, намечаемым к осушению и освоению под сельскохозяйственное использование.

На стадии проекта (рабочего проекта) уточняют фактические данные по отдельным хозяйствам или их подразделениям, совместно с землеустроителями определяют трансформацию угодий, границы и размеры севооборотов, собирают материалы бонитировки почв, сведения об эрозии почв. При малых размерах участков осушения, когда строительство осушительной системы не оказывает значительного влияния на экономику хозяйства, согласуют с хозяйством только основные показатели, необходимые для разработки агроэкономической части проекта.

Приложение

ТИПОВОЙ ДОГОВОР

на ремонт и техническое обслуживание внутрихозяйственных мелиоративных сетей, выполняемые для колхозов, совхозов и других хозяйств, предприятиями и организациями системы Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР

Колхоз, совхоз, другое хозяйство _____ района _____ области (края, АССР) _____ республики в лице _____ (должность)

_____, действующего на основании _____, Ф. И. О.

именуемый в дальнейшем «Заказчик», с одной стороны, и водохозяйственная ремонтно-эксплуатационная организация _____, осуществляющая ремонт и техническое обслуживание в лице _____, (должность)

_____, действующего на основании _____, Ф. И. О.

именуемая в дальнейшем «Исполнитель», с другой стороны, заключили настоящий договор.

I. ПРЕДМЕТ ДОГОВОРА

«Исполнитель» обязуется с _____ 19__ г. по _____ 19__ содержать в исправном состоянии для обеспечения оптимального водного режима почв принимаемую на техническое обслуживание внутрихозяйственную мелиоративную сеть и сооружения на ней, и на этой основе «Заказчик» совместно с «Исполнителем» обеспечивает выполнение программы по производству продукции растениеводства на площади _____ га орошаемых (осушенных) земель согласно приложению 1.

II. ОБЯЗАТЕЛЬСТВА СТОРОН

«Исполнитель» обязуется:

2.1. Выполнять весь комплекс работ, предусмотренных договором в объемах, утвержденных районным агропромышленным объединением, и в сроки, предусмотренные соответственно проектно-сметной документацией и графиком (прил. 2).

2.2. Выполнять работы по ремонту и техническому обслуживанию качественно в соответствии с техническими условиями, нормами и правилами.

2.3. Извещать «Заказчика» о предъявлении к сдаче выполненных работ не позднее чем в однодневный срок со дня их окончания.

2.4. Принимать срочные меры по ликвидации возникших аварий на открытой и закрытой мелиоративной сети и сооружениях на стационарных насосных станциях и скважинах вертикального дренажа.

2.5. Составлять необходимую проектно-сметную документацию по заявкам «Заказчика» на проведение работ по ремонту и техническому обслуживанию, в соответствии с графиком.

«Заказчик» обязуется:

2.6. Сообщать «Исполнителю» (письменно или телефонограммой) о готовности площадей и проведении работ по ремонту и техническому обслуживанию.

2.7. Представлять «Исполнителю» площади орошаемых (осушенных) земель для производства работ по ремонту и техническому обслуживанию в сроки, указанные в графике.

2.8. Своевременно проводить весь комплекс агромероприятий по уходу за посевами и возделыванию сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях.

2.9. Контролировать выполнение «Исполнителем» работ по ремонту и техническому обслуживанию внутрихозяйственной мелиоративной сети и при обнаружении некачественного выполнения указанных работ, наличия недоделок и недостатков по вине «Исполнителя» приостанавливать выполнение этих работ, впредь до устранения недостатков, и сообщать об этом руководству «Исполнителя».

2.10. Не позднее чем в трехдневный срок после получения от «Исполнителя» извещения об окончании работ по техническому обслуживанию внутрихозяйственной мелиоративной сети принять участие в приемке указанных работ.

2.11. Оплатить выполненные «Исполнителем» работы.

III. ПОРЯДОК СДАЧИ И ПРИЕМКИ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

3.1. Сдача-приемка выполненных работ по ремонту и техническому обслуживанию внутрихозяйственных мелиоративных сетей оформляется сторонами по мере их выполнения, но не реже одного раза в месяц актом, подписываемым представителями сторон.

Акт составляют в трех экземплярах, один из которых направляют в учреждение Госбанка СССР, в котором находится счет плательщика.

3.2. В случае, когда при сдаче и приемке работ установлено, что они выполнены «Исполнителем» некачественно, стороны составляют акт, в котором указывают выявленные недостатки и сроки их устранения. При возникновении разногласий по оценке качества работ между «Исполнителем» и «Заказчиком» спор решается комиссией, назначаемой РАПО из представителей «Заказчика», «Исполнителя» и РАПО.

IV. ПОРЯДОК РАСЧЕТОВ

4.1. «Заказчик» оплачивает «Исполнителю» стоимость выполненных и принятых работ по актам в следующем порядке:

капитальный ремонт мелиоративной сети и гидросооружений — по сметам, составленным на основе единых единичных расценок на ремонт мелиоративных сооружений, утвержденным Госстроем СССР и Минводхозом СССР;

текущий ремонт и уход при выполнении технического обслуживания — по действующим нормативам трудовых и материальных затрат и тарифам, утвержденным областным, краевым, республиканским (АССР) или районным агропромышленным объединением;

текущий ремонт и техническое обслуживание оборудования стационарных насосных станций — по действующим нормам трудовых и материальных затрат и тарифам, утвержденным областным, краевым, республиканским (АССР) или районным агропромышленным объединением;

транспортные перевозки грузов — по действующим в союзной республике тарифам.

4.2. Расчеты с «Исполнителем» в течение года осуществляются в порядке, установленном Минсельхозом СССР, Минводхозом СССР, Госкомсельхозтехникой СССР, Минфином СССР и Госбанком СССР 30 декабря 1983 г. № 262/20/67/183/606, исходя из действующего законодательства.

4.3. Одногородные расчеты за выполненные работы между «Заказчиком» и «Исполнителем» осуществляются платежными поручениями или в других формах, а иногородние — в порядке акцепта платежных требований.

4.4. «Исполнитель» возвращает «Заказчику» 50% сверхплановой прибыли от деятельности по ремонту и техническому обслуживанию внутрихозяйственных мелиоративных сетей пропорционально объемам выполненных работ в стоимостном выражении.

V. ИМУЩЕСТВЕННАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ СТОРОН

5.1. За нарушение договора виновная сторона несет перед другой стороной имущественную ответственность.

5.2. За просрочку выполнения работ по ремонту и техническому обслуживанию или невыполнение этих работ по вине «Исполнителя» последний уплачивает «Заказчику» пеню в размере 0,1% за каждый день просрочки, при просрочке более 10 дней — сверх пени неустойку в размере 2% стоимости не выполненных в установленный договором и графиком производства работ срок.

5.3. За просрочку выполнения работ по ремонту и техническому обслуживанию или невыполнение этих работ по вине «Исполнителя», послужившую причиной недополучения запрограммированной, проектной или плановой продукции с конкретного участка, «Исполнитель» возмещает «Заказчику» стоимость недополученной продукции, исчисленной по государственным закупочным ценам.

В случае нарушения «Заказчиком» агротехнических мероприятий по выращиванию сельскохозяйственных культур на обслуживаемых площадях, а также если невыполнение работ «Исполнителем» в установленные сроки вызвано неблагоприятными погодными или другими условиями, что подтверждено справками РАПО, «Исполнитель» освобождается от возмещения убытков частично или полностью.

5.4. За непредставление «Исполнителю» без уважительных причин в сроки, указанные в графике, площадей орошаемых (осушенных) земель для производства работ по ремонту и техническому обслуживанию на мелиоративных системах, повлекшее за собой простой техники, «Заказчик» уплачивает «Исполнителю» неустойку в размере 20% плановой стоимости машиносмены за каждый день простоя данной машины.

5.5. За необоснованный полный или частичный отказ от акцепта платежного требования, а также за уклонение от оплаты при других формах расчета «Заказчик» уплачивает «Исполнителю» недополученную сумму и штраф в размере 5% суммы, от уплаты которой он отказался или уклонился.

5.7. В случае невозвращения одной из сторон излишне полученных денежных сумм при расчетах за выполненные работы виновная сторона уплачивает другой стороне за все время пользования этими денежными средствами 5% годовых.

5.8. В случае непредъявления «Заказчиком» иска к «Исполнителю» о взыскании недополученной или переплаченной суммы за выполненные работы по ремонту и техническому обслуживанию внутрихозяйственных мелиоративных сетей иск о взыскании с «Исполнителя» в пользу «Заказчика» этих сумм предъявляется в установленном порядке районным агропромышленным объединением. При взыскании с «Исполнителя» предусмотренных настоящим пунктом сумм, «Исполнитель» уплачивает также в доход союзного бюджета штраф в размере 2% взысканных сумм.

5.9. Сторона, нарушившая договор, возмещает другой стороне убытки в сумме, не покрытой неустойкой (штрафом, пени).

К убыткам относятся расходы, произведенные стороной в связи с неисполнением или ненадлежащим исполнением обязательств, утрата или повреждение имущества, а также не полученные ею доходы, которые она получила бы, если обязательство было исполнено другой стороной.

Уплата неустойки (штраф, пени) и убытков не освобождает стороны от выполнения обязательств по договору.

5.10. Отказ от предъявления санкций за нарушение договорных обязательств, установленных договором, а также соглашение сторон об ограничении ответственности, если размер ее точно определен законодательством, не допускаются.

VI. РАЗРЕШЕНИЕ СПОРОВ

6.1. Споры, возникшие при заключении и исполнении настоящего договора, разрешаются в порядке, установленном действующим законодательством.

VII. ОСОБЫЕ УСЛОВИЯ ДОГОВОРА

7.1. Срок действия договора устанавливается с «___»_____19___г. по «___»_____19___г. Договор составляют в четырех экземплярах — по одному экземпляру «Заказчику», «Исполнителю», РАПО и учреждению Госбанка СССР, в котором находится счет плательщика.

7.2. Корректирование сроков производства работ по ремонту и техническому обслуживанию из-за погодных условий или при производственной необходимости проводится «Заказчиком» по согласованию с «Исполнителем».

7.3. Односторонний отказ от выполнения договора и одностороннее изменение его условий не допускается, за исключением случаев, предусмотренных законодательством. Изменение или расторжение договора возможно по согласованию сторон. Сторона, получившая предложение об изменении или расторжения договора, обязана дать ответ не позднее 10 дней после получения предложения. Изменение или расторжение договора оформляется дополнительным соглашением, которое подготавливается заинтересованной стороной и оформляется в том же порядке, как и договор. При недостижении сторонами соглашения об изменении или расторжении договора спор между сторонами передается на разрешение суда или арбитража по установленной подведомственности.

7.4. «Заказчик» передает «Исполнителю» материально-технические ресурсы на выполнение работ по ремонту и техническому обслуживанию мелиоративной сети и сооружений, если они выделены ему на эти цели.

7.5. При наличии возможности у «Заказчика» последний может по договоренности с «Исполнителем» представлять ему: рабочих, ремонтную базу для проведения ремонтов, жилые помещения, а также обеспечивать питанием по установленным в хозяйстве ценам.

7.6. Продавать при наличии возможности работникам «Исполнителя», принимавшим участие в работах по ремонту и техническому обслуживанию, зерно, картофель, овощи, плоды, ягоды, виноград, бахчевые и кормовые культуры в порядке, установленном для работников (колхозников) обслуживаемых хозяйств, в пределах общих размеров натуральной оплаты труда в сельском хозяйстве, предусмотренных действующим законодательством.

VIII. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПРИЛАГАЕМОЙ К ДОГОВОРУ

Программа по производству продукции растениеводства.
Ведомость объемов и графиков производства работ.
Смета (сметно-финансовый расчет).
Акт технического состояния внутрихозяйственной мелиоративной сети и сооружений.

IX. ЮРИДИЧЕСКИЕ АДРЕСА СТОРОН

«Исполнитель». Почтовый адрес: _____

_____

Расчетный счет №_____ в _____

_____ отделении Госбанка СССР

«Заказчик». Почтовый адрес: _____

Расчетный счет № _____ в _____

_____ отделении Госбанка СССР

«Исполнитель» _____
(подпись, дата, печать)

«Заказчик» _____
(подпись, дата, печать)

Аварийный ремонт осушительных систем 398, 399
Агромелиоративные мероприятия 11, 189, 62

Валовой канал 325
Вертикальный дренаж 11, 62, 96, 337
Водно-физические свойства почв 16, 21, 192
Водный баланс осушаемых земель 30, 31, 201
Водооборотная осушительно-увлажнительная система 311
Водоприемник 64, 66, 225, 226, 229, 321, 327, 405, 417
Выбор объектов реконструкции 357
Выработанный торфяник 374, 435
Выравнивание поверхности 363, 374
Высота высачивания 215, 236, 237, 241

Геофизические исследования 420
Гидравлический расчет дрен 219
— — каналов 207
Гидролесомелиоративный фонд 35
Гидрологические расчеты проводящей сети 219
Гидротехнические сооружения 276
Гипсование почвы 365
Горизонтальный дренаж 8, 96, 335

Дамбы польдерные 66, 246, 247, 248, 249, 324, 406
Диаметр дрен 99, 101
Длина дрен 99
Дороги эксплуатационные 295
Дренаж бестраншейный 100, 101
— вакуумный 348, 353, 355
— керамический 101, 406
— кротовый 61, 96, 97, 265
— пластмассовый 102, 406
Дренаж пластовый 349
— пристенный 349
— траншейный 100
— щелевой 96
Дренажная труба 100
Дренажный фильтр 116

Заболоченность 34
Заиление дрены 128, 129, 130
Закрытый собиратель 11, 96, 164, 165, 328, 329
Заохривание дрен 129
Затопление земель 66, 332
Защитно-фильтрующий материал 112
Зона влияния мелиоративной системы 306

Известкование почвы 363
Изыскания агроэкономические 436
— ботанико-культуртехнические 429
— инженерно-геодезические 415
— инженерно-геологические 418
— инженерно-гидрогеологические 418
— инженерно-гидрометеорологические 433
— мелиоративно-гидротехнические 435
Искусственная ложбина 94

Капитальный ремонт мелиоративных систем 398, 399, 404, 406, 411
Картовый канал 325
Класс гидротехнических сооружений 276
Коллектор осушительный 98, 219, 224
Колодец смотровой 64, 285
Кольматаж в осушении 62, 330
Кротование 97, 196, 263, 265

Лесная полоса 309
Ловчий канал 8, 61, 199, 325

Магистральный канал 64, 204, 312, 313, 325, 406
Машинное осушение 242
Мелиоративное районирование 44, 46
Мелиоративный фонд 34, 35, 318
Метод осушения 46, 60, 61, 62, 340
Многолетняя мерзлота 315, 317

Модуль дренажного стока 80, 89, 133
Муфты дренажные 121, 123, 125

Нагорный канал 8, 61, 199, 325
Насосные станции в осушении 248, 251, 252, 253, 254
Норма осушения 50, 52, 53, 54, 319, 320, 347
Нормы удобрений 366, 367, 368, 369, 376, 378

Обвалование земель 220, 246
Обеспеченность расчетных расходов воды 85
Обработка осушаемых земель 389, 390
Оградительная сеть 199
Оросительная норма 257
Осадка торфа 23, 24, 25, 27
Осушение аэродромов 328
— дорожного полотна 334
— карьеров и шахт 345
— лесов 319
— промышленных площадок 347
— населенных пунктов 347
— спортивных площадок и стадионов 329
— теплиц 329
— торфяных месторождений 324
Осушитель 90, 323
Охрана природы при мелиорации 306

Первичное окультуривание 362
Переезд трубчатый 277
Пескование торфа 196, 198
Пешеходные мосты через каналы 283, 284, 285, 300
Планировка осушаемых земель 189, 191
Поверхностное улучшение лугов 376
Поливная норма 271, 275
Польдерная система осушения 66, 243, 311
Подтопление земель 255, 332
Предварительное осушение 95, 327
Предварительнные культуры 374
Предупредительное шлюзование 259
Природоохранные мероприятия при осушении 66, 306
Проводящая сеть 65, 204
Проектная урожайность 378, 397, 400, 440
Противопожарный водоем 314
Профилирование поверхности земли 62, 189, 190

Разгрузочная скважина 199, 200
Расстояние между дренами (каналами) 133, 142, 145, 146, 148, 151, 153, 155, 165, 166, 328
Расчетный гидрологический период 67
Регулирующая сеть 64, 65, 88, 90, 98, 133, 135, 152, 156, 158, 162, 166
Регулятор трубчатый 276, 277, 281
Режим увлажнения 271
— осушения 49, 65
Реконструкция мелиоративных систем 357, 359

Севообороты на осушаемых землях 379, 380, 382, 383, 384, 385, 387, 388, 389, 390, 392, 395
Систематический дренаж 182, 356
Соединительные детали для дренажа 120, 122, 123, 124
Способ осушения 46, 60, 61, 62
Срок окупаемости 358
Сроки внесения удобрений 367, 386
Строительное водопонижение 341, 342

Тальвеговый канал 94
Текущий ремонт мелиоративных систем 398, 402, 404
Техническая эксплуатация систем 398, 400
Типы болот 7, 14, 36, 37
— водного питания земель 28, 29
— заболоченных лесов 36
— гидрогеологических условий осушаемых земель 6, 8, 9, 10, 11
Трубы-переезды 64, 406

Уклоны каналов (дрен) 90, 94, 131, 207, 220, 221, 255, 321, 327, 329, 330
Устья коллекторов 287, 406

Фильтрационные расчеты 135, 138, 149, 158, 180, 186, 293
Фильтрационное сопротивление 138, 139, 141, 149, 167, 175

Чистый доход от реконструкции систем 357, 358, 359

Шлюзование осушительных каналов 259, 260, 265
Шлюз-регулятор 247, 258, 265, 266, 277, 406

Щелевая дрена 96, 97

Эксплуатационная гидрометрия 411

Оглавление

Глава 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ . . 5

1.1. Типы переувлажненных земель 5
1.2. Причины переувлажнения (заболачивания) земель . . 5
1.3. Болота и их строение, свойства торфяных почв . . . 7
1.4. Переувлажненные минеральные почвы 21
1.5. Осадка торфа и изменение водно-физических свойств почв после осушения 23

Глава 2. ТИПЫ ВОДНОГО ПИТАНИЯ И ВОДНЫЙ БАЛАНС ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ 28

2.1. Типы водного питания болот и минеральных земель 28
2.2. Водный баланс объектов осушения 30
2.3. Баланс зольных элементов на осушаемых землях . . 32

Глава 3. МЕЛИОРАТИВНЫЙ ФОНД И ЕГО РАЙОНИРОВАНИЕ 34

3.1. Общая характеристика мелиоративного фонда . 34
3.2. Принципы и опыт мелиоративного районирования 44

Глава 4. РЕЖИМЫ ОСУШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ 49

4.1. Требования сельскохозяйственных культур к режиму осушения 49
4.2. Нормы осушения 50
4.3. Допустимые сроки отвода избыточных вод 57
4.4. Критические глубины грунтовых вод 59

Глава 5. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОСУШЕНИЯ 60

5.1. Методы осушения 60
5.2. Способы осушения 61

Глава 6. ОСУШИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА И ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ . . 63

6.1. Требования сельскохозяйственного производства к осушительным системам 63
6.2. Элементы осушительной системы и их назначение . . 65
6.3. Классификация осушительных систем 65

Глава 7. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ . 67

7.1. Способы гидрологических и водохозяйственных расчетов 67
7.2. Обоснование объемов водопотребления и необходимости строительства осушительно-увлажнительных систем . . 69
7.3. Основные характеристики стока и их определение . . 75
7.4. Водохозяйственные расчеты для обоснования объемов водохранилищ осушительно-увлажнительных систем 82
7.5. Выбор расчетной обеспеченности гидрологических характеристик 85

Глава 8. ОТКРЫТАЯ РЕГУЛИРУЮЩАЯ СЕТЬ 90

8.1. Условия применения и проектирования 90
8.2. Параметры открытой регулирующей сети 90
8.3. Систематическая сеть глубоких редких каналов. Тальвеговые каналы 93
8.4. Искусственные ложбины 94
8.5. Предварительное осушение 95

Глава 9. ЗАКРЫТАЯ РЕГУЛИРУЮЩАЯ СЕТЬ 96

9.1. Условия применения . . . 96
9.2. Расположение сети в плане . 97
9.3. Основные параметры сети . 98

Глава 10. КОНСТРУКЦИИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА 100

10.1. Особенности технологии строительства закрытого дренажа 100
10.2. Дренажные трубы 100
10.3. Защитно-фильтрующие материалы и конструкции дренажных фильтров 113
10.4. Соединительные детали 120
10.5. Стеллажи 132
10.6. Повышение надежности закрытого дренажа . . . 132

Глава 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ 133

11.1. Принятые термины и обозначения. Общие положения 133
11.2. Исходные материалы и расчетные периоды . . . 135
11.3. Схематизация природной обстановки, расчетные фильтрационные схемы 138
11.4. Фильтрационные расчеты горизонтального трубчатого дренажа 138
11.5. Расчет расстояний между элементами регулирующей сети при подпочвенном увлажнении 152
11.6. Расчет расстояний между элементами регулирующей сети при наличии слабофильтрующих прослоек в верхних горизонтах и при глубокой запашке маломощных торфяников 156
11.7. Расчет открытой регулирующей сети при ускорении отвода поверхностного стока 158
11.8. Расчет расстояний между закрытыми собирателями 164
11.9. Расчет регулирующей сети с учетом осушающего действия проводящих каналов 166

Глава 12. ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ 168

12.1. Условия применения и гидрогеологическое обоснование вертикального дренажа 168
12.2. Конструкции мелиоративных систем вертикального дренажа 169
12.3. Принципы работы систем вертикального дренажа . . 173
12.4. Конструкции скважин, способы строительства . . . 174
12.5. Насосно-силовое оборудование, автоматизация, электроснабжение 179
12.6. Фильтрационные расчеты вертикального дренажа . . 180

Глава 13. АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ 189

13.1. Мероприятия по ускорению поверхностного стока 189
13.2. Мероприятия по улучшению водно-физических свойств подпахотных горизонтов 192
13.3. Пескование (глинование) осушаемых торфяных почв 196

Глава 14. ОГРАДИТЕЛЬНАЯ ОСУШИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ 199

Глава 15. ОТКРЫТАЯ И ЗАКРЫТАЯ ПРОВОДЯЩАЯ СЕТЬ И ЕЕ РАСЧЕТЫ 204

15.1. Трассировка открытой проводящей сети 204
15.2. Правила сопряжения каналов в вертикальной плоскости 206
15.3. Конструкция и расчет проводящих каналов . . . 207
15.4. Гидравлический расчет закрытой проводящей сети . . 219

Глава 16. ВОДОПРИЕМНИКИ 225

16.1. Требования, предъявляемые к водоприемникам . . 225
16.2. Регулирование рек-водоприемников 226
16.3. Гидравлический расчет водоприемника 228

Глава 17. УСТОЙЧИВОСТЬ РУСЛ КАНАЛОВ И РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ 230

17.1. Виды деформации русл 230
17.2. Расчет устойчивости русл 231
17.3. Способы и конструкции креплений . . 237

Глава 18. ОСУШЕНИЕ С МАШИННЫМ ВОДООТВОДОМ 242

18.1. Типы польдеров 242
18.2. Состав и принципиальные схемы польдерных систем 243
18.3. Расчет оградительных дамб 246
18.4. Расчет насосной станции 248
18.5. Насосные станции, насосное и подсобное оборудование 251
18.6. Особенности расчета осушительной сети 253
18.7. Эксплуатационный режим работы системы с машинным водоотводом 255

Глава 19. ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ 257

19.1. Обоснование и условия применения 257
19.2. Способы увлажнения осушаемых земель 258
19.3. Принципиальные схемы осушительно-увлажнительных систем 263
19.4. Режим увлажнения осушаемых земель 271

Глава 20. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ НА ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 276

20.1. Назначение и виды сооружений 276
20.2. Расчеты сооружений . . . 291

Глава 21. ДОРОЖНАЯ СЕТЬ 295

21.1. Классификация дорог 295
21.2. Размещение дорог в плане 297
21.3. Земляное полотно и сооружения на дорогах . 298
21.4. Дорожные одежды 301
21.5. Тракторные дороги 302
21.6. Пересечения внутрихозяйственных дорог . . 303
21.7. Скотопрогоны 304
21.8. Дорожные устройства и обстановка дорог . . 304

Глава 22. ПРИРОДООХРАННЫЕ СООРУЖЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ 306

22.1. Зоны влияния мелиоративной системы 306
22.2. Мероприятия по охране природы 309
22.3. Схемы природоохранных мероприятий 310

Глава 23. ОСОБЕННОСТИ ОСУШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ 315

23.1. Методы и способы водных и тепловых мелиораций 315
23.2. Осушение сезонно-мерзлых и мерзлотных почвогрунтов 317
23.3. Осушение термокарстовых озер 318

Глава 24. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОСУШЕНИЯ 319

24.1. Осушение лесов и парков 319
24.2. Осушение торфяных месторождений 324
24.3. Осушение аэродромов для сельскохозяйственной авиации 328
24.4. Осушение спортивных площадок и стадионов . . . 329
24.5. Осушение теплиц 329
24.6. Кольматаж 330

Глава 25. ОСОБЕННОСТИ ОСУШЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ДОРОГ 332

25.1. Защита территорий от затопления и подтопления при гидротехническом строительстве 332
25.2. Осушение дорожного полотна 334
25.3. Осушение карьеров и шахт. Строительное водопонижение 341
25.4. Осушение сельских населенных пунктов и промышленных площадок 347
25.5. Вакуумный дренаж 348

Глава 26. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ 357

26.1. Выбор объектов реконструкции 357
26.2. Изыскания и проектирование 361

Глава 27. КУЛЬТУРТЕХНИКА И ПЕРВИЧНОЕ ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ 362

27.1. Культуртехнические работы и первичное окультуривание осушаемых земель 363
27.2. Окультуривание выработанных торфяников . . . 374

Глава 28. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ 379

28.1. Виды сельскохозяйственного использования осушаемых земель, севообороты 379
28.2. Обработка осушаемых земель 379
28.3. Удобрения на осушаемых землях 386
28.4. Особенности агротехники и обоснование проектной урожайности 396

Глава 29. ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ 398

29.1 Задачи службы эксплуатации 398
29.2. Организация эксплуатационных работ 399
29.3. Система планово-предупредительных ремонтов . . 404
29.4. Эксплуатационная гидрометрия 411
29.5. Контроль за мелиоративным состоянием осушаемых земель 412

Глава 30. МАТЕРИАЛЫ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ 414

30.1. Инженерно-геодезические изыскания 415
30.2. Инженерно-гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания 418
30.3. Почвенно-мелиоративные изыскания 425
30.4. Ботанико-культуртехнические изыскания 429
30.5. Инженерно-гидрометеорологические изыскания . . 433
30.6. Мелиоративно-гидротехнические изыскания . . . 435
30.7. Агроэкономические изыскания 436

Приложение . . . 438
Предметный указатель 442

БОРИС СТЕПАНОВИЧ МАСЛОВ, ЕВГЕНИЙ ПЕТРОВИЧ ПАНОВ, АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ МУРАШКО И ДР.

СПРАВОЧНИК. МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

3. ОСУШЕНИЕ

Заведующая редакцией **А. И. Гераськина**
Редактор **Г. П. Попова**
Художественный редактор **С. В. Соколов**
Технический редактор **Н. В. Суржева**
Корректор **Н. Я. Туманова**

ИБ № 3713

Сдано в набор 16.05.85. Подписано к печати 23.09.85. Т-14127.
Формат $60\times90^{1}/_{16}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 28. Усл. кр.-отт. 28. Уч.-изд. л. 37,41.
Изд. № 292. Тираж 13 000 экз. Заказ № 1138. Цена 1 р. 80 к.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат»
107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли.
Москва, 113105. Нагатинская ул., д. 1.