

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО БОЛЬШИХ ПЛОТИН

62408

17-49

Выпуск 7

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО БОЛЬШИХ ПЛОТИН

Выпуск 7

Ю. С. ВАСИЛЬЕВ

# ВЛИЯНИЕ ПЛОТИН И ВОДОХРАНИЛИЩ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Под редакцией А. А. Борового



МОСКВА ЭНЕРГОИЗДАТ 1982

|       |                                                              |
|-------|--------------------------------------------------------------|
| 627.8 | 631.15                                                       |
| П-79  | Проектирование<br>и строительство больших<br>плотин. Вып. 7. |

0-40

|     |    |           |    |
|-----|----|-----------|----|
| 253 | 18 | $\bar{x}$ | 82 |
|-----|----|-----------|----|

6345

ББК 38.77

П 79

УДК 627.8 : 502.5

**Проектирование и строительство больших плотин.** Вып. 7. Васильев Ю. С. Влияние плотин и водохранилищ на окружающую среду/ Под ред. А. А. Борового. — М.: Энергоиздат, 1982. — 144 с., ил.

40 к.

В книге плотностроение рассматривается как антропогенный фактор, оказывающий существенное влияние на природные условия. Излагаются основные положения докладов, рассмотренных на международных конгрессах по большим плотинам в 1973 и 1976 гг., по вопросам «Влияние строительства плотин на окружающую среду» и «Влияние некоторых факторов окружающей среды на строительство плотин и водохранилищ».

Книга будет полезна специалистам, интересующимся проблемами охраны окружающей среды и гидротехническим строительством, а также студентам соответствующих специальностей.

В 3302000000-198  
051(01)—82 82-82

ББК 38.77

6П2.11

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В материалах XXVI съезда КПСС содержится научное обоснование дальнейшего развития всех отраслей народного хозяйства страны. В одиннадцатой пятилетке будет осуществлена широкая система мер по повышению народного благосостояния, созданию условий для всестороннего развития личности, высокопроизводительного труда, укрепления здоровья и улучшения отдыха советских людей, развития культуры, образования и науки. По мере повышения благосостояния и культурного уровня советских людей, развития социалистического образа жизни все большее внимание уделяется вопросам рационального природопользования и охране окружающей среды.

Проблема взаимоотношения человека и природной среды с каждым днем становится все более актуальной. На важность бережного отношения к природе указывали классики научного коммунизма. Ф. Энгельс подчеркивал, что человек господствует над природой, познавая ее законы и правильно их применяя. Настоящая борьба за восстановление и умножение флоры и фауны в нашей стране развернулась после создания Советского государства. У истоков природоохранительного законодательства стоял В. И. Ленин, который учил использовать блага природы бережно и разумно, предлагал применять суровые меры наказания к лицам, расхищающим бесценные природные богатства. В настоящее время Коммунистическая партия Советского Союза последовательно выступает за широкое международное сотрудничество в решении глобальных проблем человечества, в том числе охраны окружающей среды.

В девятом разделе «Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» намечена широкая программа улучшения качества окружающей среды и оптимизации природопользования. Так, в области охраны вод поставлены задачи:

«Ускорить строительство водоохранных объектов в бассейнах Черного, Азовского, Балтийского, Каспийского морей и в важнейших промышленных районах страны. Осуществить меры по усилению охраны морей, рек и других водоемов Арктического бассейна от загрязнения. Увеличить мощности систем оборотного и повторного использования вод, разрабатывать и внедрять на предприятиях бессточные системы водопользования. Улучшить охрану водных источников, в том числе малых рек и озер, от истощения и загрязнения. Продолжить работу по охране и рациональному использованию уникальных природных комплексов, и прежде всего Байкала.

Приступить к созданию автоматизированных систем управления водохозяйственными комплексами в бассейнах важнейших рек европейской части страны и Средней Азии»<sup>1</sup>.

В решении указанных задач большая роль принадлежит специалистам, осуществляющим проектирование, строительство и эксплуатацию гидротехнических объектов. Опыт предшествующих лет свидетельствует о необходимости решения сложных водохозяйственных и экологических проблем в их тесном взаимодействии. Ярким примером этому является научный комплексный подход, проявившийся еще на заре Советской власти при разработке Ленинского плана ГОЭЛРО. Исследования и изыскания при строительстве Волховской ГЭС по глубине и тщательности выполнения работ, включая экологические вопросы, до сих пор служат эталоном.

Однако требования защиты всех компонентов природной среды от загрязнений в процессе производства становятся все более жесткими. В связи с этим специалисты в области гидротехнического строительства должны в большей мере владеть научными основами рационального использования и охраны почв, недр, водного и воздушного бассейнов, растительного и животного мира.

Гидротехническое строительство является одним из главных факторов воздействия на природную среду. Возведение больших плотин приводит к созданию крупных водохранилищ, которые существенно изменяют условия существования экологических систем и физико-географические характеристики регионов. Воздействие этих

<sup>1</sup> Материалы XXVI съезда КПСС. — М.: Политиздат, 1981, с. 183, 184.

объектов на гидрологический режим рек изучается во многих странах на протяжении десятилетий. Однако влияние плотин и водохранилищ на весь комплекс окружающей среды стало предметом пристального изучения лишь в последнее десятилетие. Разрозненные данные о влиянии плотин и водохранилищ на качество воды, атмосферу, почву, растительность, животный мир и другие компоненты биосферы, накопленные в различных странах, начали обобщаться Международной комиссией по большим плотинам (СИГБ).

Среди многочисленных международных организаций инженерно-технического профиля СИГБ является одной из первых, которая вынесла на обсуждение международных конгрессов вопросы взаимодействия водохозяйственных объектов (гидроузлов) и окружающей природной среды.

На XI Международном конгрессе по большим плотинам, который проходил в 1973 г. в Мадриде (Испания), обсуждался вопрос № 40 «Влияние строительства плотин на окружающую среду». Было представлено 59 докладов, которые по странам распределяются следующим образом: Великобритания — 6, Франция — 6, США — 5, Швеция — 4, ФРГ — 3, Австрия — 3, Канада — 3, Испания — 3, Турция — 3, Югославия — 3, ЮАР — 2, АРЕ — 2, Япония — 2, Зимбабве — 2. По одному докладу представили Австралия, Болгария, Финляндия, Гана, Венгрия, Индия, Нидерланды, Польша, Судан, Швейцария, Чехословакия, Румыния. В качестве генерального докладчика выступил И. Шерет (Франция).

На XII Международном конгрессе по большим плотинам состоявшемся в 1976 году в Мехико (Мексика), обсуждался вопрос № 47 «Влияние некоторых факторов окружающей среды на строительство плотин и водохранилищ». По этому вопросу для обсуждения были предложены три группы тем: 1 — методика прогноза и борьба с загрязнением, плавающие тела, осаждение наносов, загрязнение воды (включая эвтрофикацию); 2 — плотиностроение в экстремальных по температуре или выпадению осадков условиях; 3 — экономическая оценка факторов, связанных с воздействием на природу. Было представлено 32 доклада, которые по странам распределяются так: по 3 доклада представили Франция и ЮАР, по 2 доклада — Бразилия, Испания, Мексика, Норвегия, США, ФРГ, Чехословакия, по 1 докладу — СССР, Австрия,

Греция, Индия, Италия, Канада, КНР, Колумбия, Польша, Турция, Япония, Финляндия. Генеральным докладчиком выступил В. Л. Чедвик (США).

Анализ этих докладов показывает, что в настоящее время проектирование гидроузлов и водохранилищ надлежит осуществлять с привлечением специалистов в области охраны окружающей среды.

Однако настоящая книга в первую очередь адресуется инженерам-гидроэнергетикам и должна помочь им лучше понять задачи, связанные с защитой биосферы нашей планеты и ее отдельных компонентов от негативных проявлений антропогенной деятельности. Материалы конгрессов, обобщенные в книге, могут быть использованы при проектировании и исследованиях конкретных объектов. Кроме того, они ориентируют гидротехников в вопросах защиты среды при использовании природных ресурсов, а также в учете положительных эффектов и особенно негативных последствий для принятия действенных мер по предупреждению или смягчению последних.

При переводе докладов использовано словосочетание «охрана окружающей среды», которое более 10 лет применяется в отечественной литературе. Под этим названием понимается широкая научная отрасль и сфера практической деятельности. В отдельных переводных изданиях начало встречаться другое название науки об окружающей человека среде — энвайронментология от английского слова the environment (окружающая среда).

Вновь формирующаяся научная отрасль заимствует термины из таких дисциплин, как география, медицина, технология безотходного производства и, конечно, из физики, химии, математики, экономики.

Аппарат понятий и терминов, хорошо отработанный в гидротехнике и гидроэнергетике, оказывается недостаточным при изучении проблем охраны окружающей среды. Поэтому относительно новые для гидротехников термины даются с комментариями. В конце книги помещен краткий словарь терминов и определений.

Мы надеемся, что сведения, приведенные в книге, помогут читателям сформировать верный взгляд на проблему взаимодействия объектов гидротехнического строительства с природой. Эти сведения могут быть использованы при конкретизации правил взаимоотношений в сложной системе «человек — окружающая природная

среда» в интересах не только самого человека, но и отдельных компонентов природной среды. При совершенствовании правил взаимоотношений в указанной системе опасна и та, и другая крайность. Нельзя допускать, чтобы забота человека об окружающей среде осуществлялась на формальной основе и перерастала в проявление слепого подражания новой модной концепции о нашей планете как природном заповеднике.

Материалы XI и XII конгресса по большим плотинам публикуются по инициативе и рекомендации Советского национального комитета по большим плотинам (см. предисловие к вып. 1).

В книгу включены материалы лишь тех докладов, которые представляют наибольший интерес для советского читателя, интересующегося зарубежным опытом решения проблем взаимодействия плотиностроения и окружающей среды. Широкий круг вопросов свидетельствует об активной связи гидротехников со специалистами других областей знаний. Советский читатель, конечно, критически отнесется к отдельным оценкам и предложениям зарубежных докладчиков, особенно в оценке социальных и хозяйственных результатов плотиностроения. По ряду вопросов (например, взаимодействие водохранилища и береговой полосы, влияние водохранилища на климат и др.) в отечественной литературе имеются специальные монографии, и заинтересованный читатель найдет соответствующие ссылки.

Параграфы 3 и 31 написаны Е. Ю. Костериной, 18, 26 — И. Г. Кудряшовой. При подготовке рукописи к печати большую помощь оказала З. В. Жукова, за что автор выражает ей глубокую благодарность.

Просьба замечания по книге направлять в Энергоиздат по адресу: 113114 Москва М-114, Шлюзовая наб., 10.

Автор

## ПЛОТИНЫ И ВОДОХРАНИЛИЩА — АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

### 1. ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Возведение плотин и образование водохранилищ можно выделить в особый вид техногенного воздействия на природу в глобальном, т. е. планетарном масштабе. К началу 80-х годов всего в мире находилось в эксплуатации более 250 тыс. плотин. По мнению специалистов, большинство этих плотин возведено без проектных обоснований и не соответствует современным стандартам. Однако они существуют весьма продолжительное время и для нынешнего поколения людей воспринимаются как неотъемлемая часть природы.

Отметим, что за последние 175 лет зарегистрировано около 500 повреждений или аварий больших плотин, что в среднем составляет три события в год. В настоящее время в эксплуатации или строительстве находится 12 тыс. больших плотин.

Научно-технический прогресс во всех сферах материального производства немислим без повышения водопот-

Таблица 1

Данные о количестве и суммарном объеме водохранилищ объемом более 100 млн. м<sup>3</sup> на 1975 г.

| Континент | Количество : |                 |          | Суммарный объем, км <sup>3</sup> |                 |          |
|-----------|--------------|-----------------|----------|----------------------------------|-----------------|----------|
|           | Всего        | Эксплуатируются | Строится | Всего                            | Эксплуатируется | Строится |
| Евразия   | 1036         | 879             | 157      | 2033,4                           | 1668,9          | 364,5    |
| Африка    | 96           | 70              | 26       | 864,9                            | 75,7            | 113,2    |
| Америка   | 1055         | 935             | 120      | 2157,9                           | 1570,0          | 587,9    |
| Австралия | 70           | 58              | 12       | 75,7                             | 61,9            | 13,8     |
| Весь мир  | 2257         | 1942            | 315      | 5131,9                           | 4052,5          | 1079,4   |

ребления и, следовательно, увеличения запасов воды путем образования водохранилищ. В табл. 1 приведены данные по континентам об эксплуатируемых и вновь создаваемых водохранилищах<sup>1</sup> объемом более 100 млн. м<sup>3</sup>. К 1975 г. 1942 созданных объекта дали дополнительную нагрузку на четыре континента, равную 4052,5 млрд. т, а после заполнения вновь создаваемых 315 водохранилищ нагрузка возрастет еще на 1079,4 млрд. т.

В Советском Союзе суммарный объем крупных водохранилищ в 1975 г. составлял 995,6 км<sup>3</sup>, в строительстве находились водохранилища объемом 141,4 км<sup>3</sup>, часть из которых введена в эксплуатацию.

Почти во всех докладах по вопросам № 40 и 47 отмечаются положительные последствия от создания водохранилищ и больших плотин, что наиболее отчетливо проявляется, если классифицировать эти эффекты по водопользователям и водопотребителям (сельское и коммунальное хозяйство, промышленность, транспорт, энергетика и др.), поскольку именно целые отрасли получают развитие после создания водохранилищ. Однако в некоторых докладах приведены примеры и негативных воздействий плотин и водохранилищ на окружающую природную среду.

Принципы систематизации отрицательных последствий от создания водохранилищ и строительства плотин находятся в стадии разработки. В докладах анализируются воздействия плотин на водную среду, атмосферу, земельные ресурсы, недра и, конечно, на элементы живой природы, т. е. растительный и животный мир; приводятся фактические данные применительно к регионам и отдельным объектам гидротехнического строительства. В глобальном (планетарном) масштабе проблема взаимодействия не рассматривалась.

В большинстве докладов применяются термины «экология», «экологическая система», «экологическая среда», «экологические проблемы», «экологический кризис» и т. п. Термин «экология» получил широкое распространение и в СССР, но границы этого термина несколько размыты и требуют уточнения.

Термин «экология» ввел в 1866 г. немецкий биолог Эрис Геккель, определив его так: «общая наука об от-

<sup>1</sup> Подробные статистические данные приводятся в книге «Водохранилища мира». — М.: Наука, 1979.

ношениях организмов к окружающей среде». В широком смысле сюда относятся все условия существования элементов животного и растительного мира. В настоящее время под экологией понимают науку о взаимоотношениях организмов между собой и с окружающей средой.

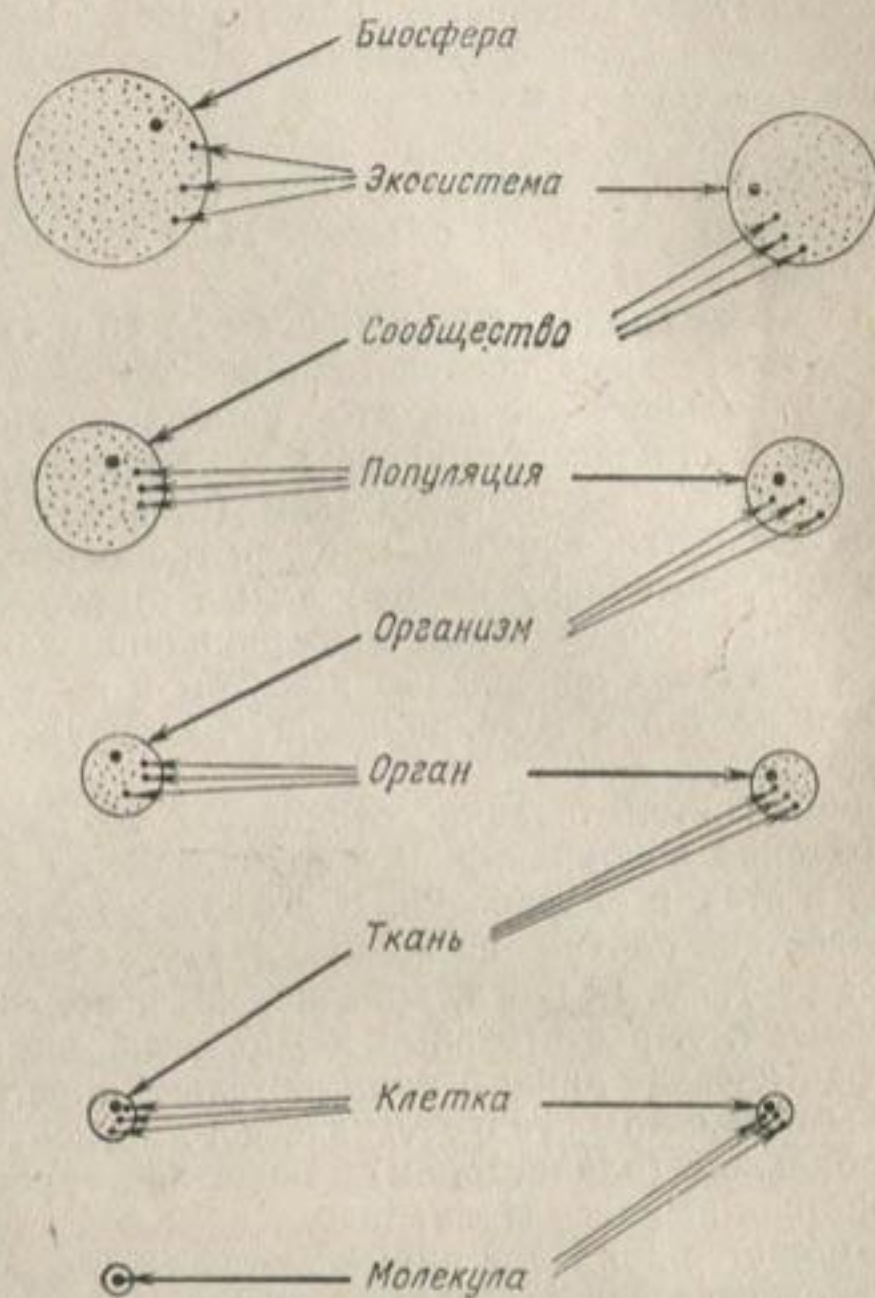


Рис. 1. Схема уровней организации в биосфере.

Следовательно, плотностное и создание водохранилищ имеет непосредственное воздействие на экологические процессы, протекающие в воде, атмосфере и почве.

Таким образом, решение проблемы охраны и рационального использования природных ресурсов требует изучения экологического аспекта как неотъемлемой части проблемы.

В недалеком прошлом к водохранилищам относились как к водоемам, в которые можно спускать загрязняющие природную среду вещества и рассчитывать на самоочищение воды. Этот ошибочный взгляд был отвергнут.

Ограничивая вредное влияние антропогенных факторов на биосферу, разрабатывая оптимальную стратегию взаимодействия человека с природной средой, необходимо установить комплекс важнейших вопросов, подлежащих изучению. В первую очередь надлежит определить или оценить допустимые размеры нагрузок на окружающую среду на уровнях организма, популяции, сообщества, экосистемы и биосферы планеты (рис. 1). В этом направлении разработки советских ученых применительно к оз. Байкал и некоторым водохранилищам значительно опережают зарубежные<sup>1</sup>. Детальное ознакомление с материалами конгрессов показывает, что в такой постановке вопросы плотностного не рассматривались.

Проникновение экологических воззрений в сугубо технические специальные дисциплины свидетельствуют об определенной гуманитаризации инженерной деятельности. Это особенно важно иметь в виду умудренным большим техническим опытом специалистам при общении с молодыми инженерами, оканчивающими вузы в настоящее время.

## 2. ЭВОЛЮЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Под экологической системой, или экосистемой, принято понимать функционально единую совокупность организмов (микроорганизмов, животного и растительного мира), населяющих ограниченную территорию и способных к длительному существованию за счет замкнутого круговорота вещества. При таком понимании экосистемы она относится к замкнутой системе.

Однако в приведенном определении нет четкого указания на характер границ рассматриваемых территорий. Должно быть вследствие этого авторы подавляющего большинства докладов под экосистемой понимают разомкнутую систему без четких границ. Так, при обсуждении

<sup>1</sup> Всесторонний анализ окружающей природной среды. — Труды II Советско-американского симпозиума. — Л.: Гидрометеониздат, 1976.

проблемы рыбопродуктивности водохранилищ речь, как правило, ведется не о естественных популяциях рыб, а о привнесенных извне. При такой постановке вопроса правомерно обсуждать эволюцию экосистемы в результате водохозяйственного строительства.

При рассмотрении воздействий больших водохранилищ в Северной Канаде на экосистемы отмечаются последовательная смена растений и создание новых мест обитания птиц [Д-40-46].

Динамическая взаимосвязь воды и суши при затоплении формирует поверхность затопляемых равнин и дельт, отражаясь в распределении последовательных растительных сообществ. Последовательная смена растений указывает на изменение относительного количества видов растений или, что чаще, на полную замену одного растительного сообщества другим. Последовательная смена растений обычно начинается на незанятой растительностью зоне, после того как она была создана. Первоначальная группа растений вырастает на новом месте, и в свою очередь эта группа заменяется другими растительными сообществами до тех пор, пока местность не зарастет видами, которые способны к бесконечному воспроизводству.

Вдоль рек процесс последовательной смены растений обычно начинается на новом грунте, образованном отложениями наносов во время периода паводков. Из этого следует, что переформировавшаяся (новая) пойма образуется из смеси аллювиальных отложений и совокупности старой почвы и растительности, сочетание которых приводит к высокой продуктивности новообразованных затопляемых равнин рек. Если более старые площади затопляемой равнины периодически не разрушаются эрозией берегов, то последовательная смена растений вдоль северных рек в конечном счете создает хвойный лес. Вследствие образования органических наносов эта группа растений все меньше снабжается питательными веществами, получаемыми при затоплении и заилении. По мере того как толщина органического покрова возрастает, он больше удерживает влагу, и в результате среда, окружающая почву, становится холоднее. Крона деревьев уменьшает проникновение солнечной радиации и еще больше охлаждает почву. Медленное разложение органического материала создает продукты окисления и понижает водородный показатель почвы, делая ее менее

продуктивной. Такое развитие неблагоприятных экологических условий можно наблюдать вдоль большинства северных рек.

Первичные серии растений при последовательном чередовании почти всегда наиболее продуктивны для диких животных. В них накопление биомассы протекает быстрее, чем в зрелых экосистемах. В результате северные затопляемые равнины и дельты образуют пояса и острова высоко продуктивных молодых растений в пределах менее продуктивных бореальных лесов и тундр.

Глубокое регулирование стока северных рек приводит к ликвидации больших весенних паводков и смене последовательности той растительности, которая была первоначально. Это обстоятельство затем сказывается на продуктивности мест обитаний животных. Без постоянного возобновления первоначальной последовательности растительных сообществ биологическая продуктивность любой северной затопляемой равнины или дельты вскоре уменьшается.

На территории Северной Канады нет недостатка в воде, однако большая часть озер болотного типа: они холодные, с низким содержанием питательных веществ, часто с кислой реакцией, имеют ограниченную водную растительность и водоплавающие птицы их, как правило, избегают.

Наиболее продуктивные места обитания водоплавающих птиц расположены вдоль рек и затопляемых равнин или дельтовых озер. Это объясняется главным образом ежегодным возобновлением питательных веществ приносимых проточной водой, и водообновлением высокопродуктивной растительности. Хотя северные затопляемые равнины и дельты составляют сравнительно малую часть общей зоны обитания водоплавающих птиц в Северной Америке, они ежегодно производят значительный объем корма для водоплавающих птиц.

Число гнездящихся уток на низменных северных реках в прошлом составляло приблизительно 1—2 млн., такой диапазон колебаний популяции отражает различные природные условия, в том числе и характер поверхностных вод в прериях<sup>1</sup>, расположенных к югу: когда в прериях обильное количество воды, северные места раз-

<sup>1</sup> Группа формаций высокотравяной растительности в Северной Америке степного типа.

множения поддерживают нормальную популяцию уток, которые ищут северных местообитаний, а в периоды засухи в прериях северные затапливаемые равнины и дельты служат убежищем для большого количества водоплавающих птиц. Таким образом обеспечиваются нормальный размер популяции и происходит это до тех пор, пока в местах обитания птиц поддерживаются естественные уровни воды и режимы стоков рек.

Если в результате регулирования стока северной реки прекратятся обычные весенние паводки, то изменится местообитание водоплавающих птиц из-за сочетаний следующих факторов:

гнездование многочисленных водоплавающих птиц будет концентрироваться на низких наносимых островах, где они защищены от сухопутных хищников. Понижение уровней реки весной и ранним летом может привести к соединению некоторых островов с берегом, и территория для гнездования водоплавающих птиц будет непригодна. Уменьшение затопления и раннее вскрытие от льда будет способствовать густому зарастанию ивой, что сделает эти острова еще более не пригодными для гнездования;

характерной особенностью многих северных рек, особенно рек Канадского Щита, является прибрежная зона осоки. Береговые травы и осоки являются прекрасным и легко получаемым источником пищи для перелетных и гнездящихся водоплавающих птиц. Если регулирование стока будет способствовать росту указанной растительности, то можно надеяться, что количество птиц значительно увеличится;

река, свободная от льда, обеспечивает фактически постоянное место отдыха для перелетных водоплавающих птиц. Если вскрытие льда будет искусственно задержано, то естественное место отдыха ранневесенних перелетных птиц сократится. Оно может быть уничтожено в течение нескольких лет при нерациональном регулировании стока рек водохранилищами.

Рассуждения, касающиеся ценности северных затапливаемых равнин для водоплавающих птиц, в равной мере относятся и к водным млекопитающим. Их количество зависит от объема и продолжительности весенних паводков, которые определяют размер местообитаний в состоянии высокой биологической продуктивности.

Наиболее распространенным в северных реках млекопитающим является ондатра. Ее численность в дельте

рек Макензи, Слейв, Атабаска и Саскачеван может достигать 1 млн. На островах, пригодных для обитания, ондатры проявили удивительную приспособляемость к условиям северной окружающей среды. Они приживаются в водоемах, которые покрыты зимой льдом. Установлено наблюдениями, что для выживания ондатры в Северной Канаде зимой необходима глубина воды в реке или водоеме не менее 1,2 м. Бобры также используют затапливаемые равнины и дельты рек Северной Канады. Их численность зависит от последовательной смены растительности, являющейся источником питания. В зависимости от характера наносов отмели дельты р. Макензи зарастают тополем — пищей для бобров. Этих животных привлекают перекаты на реках, где они могут устраивать плотины и использовать тополь и иву в качестве источников питания. Если затопление прекратится, то этот вид животных будет исчезать.

Прекращение паводков немедленно сказывается на количестве и качестве нерестилищ. Так, сокращение площадей затопления в паводок уменьшает популяцию рыб.

Низкие уровни воды в дельте р. Пис-Атабаска в период с 1968 по 1971 г., которые частично относятся за счет регулирования стока р. Пис-Ривер, оказались весьма вредными для окуневых рыб. Это объясняется тем, что весной температура воды в мелком водохранилище, которое используется окуневыми рыбами после нереста, повышается, а рыбы в это время находятся в физиологически ослабленном состоянии и в теплой воде заражаются грибковыми заболеваниями, поэтому увеличивается их смертность. Кроме того, изменившиеся условия стока заставляют годовалых рыб задерживаться в мелких водохранилищах, где чрезмерно высокая летняя температура вызывает их большую смертность. С другой стороны, если зимой озера будут полностью замерзать, то, несомненно, гибель рыб также увеличится.

В материалах конгрессов, к сожалению, не рассматриваются вопросы деградации экосистемы водохранилищ из-за загрязнения химическими веществами, обладающими высокой физиологической и мутагенной активностью. Советскими специалистами<sup>1</sup> предлагается выде-

<sup>1</sup> Кожова О. М., Павленко В. В. Разработка методов для оценки биологического действия антропогенных факторов. — В кн.: Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. Вып. 2. — Л., 1978/ЛПИ.

лить четыре группы веществ, обладающих мутагенной активностью:

неорганические вещества естественного происхождения — окислы азота, радиоактивные материалы, соединения тяжелых металлов и др;

естественные вещества органического происхождения — алкалоиды, гормоны и др.;

переработанные продукты нефти, угля, древесины, пищевые отходы;

вещества не встречающиеся в природе: пестициды, гербициды, инсектициды, синтетические соединения и др.

В настоящее время при решении вопроса о создании водохранилища комплексного назначения необходимо прогнозировать поступление различных химических веществ и оценивать генетические последствия на популяции, которые заселят будущий водоем. В этом направлении должны быть развернуты планомерные научные исследования и проведены соответствующие эксперименты.

Установлено, что эволюция экосистем ускоренными темпами происходит в водохранилищах «с тепловым загрязнением». Выпуск отработанных подогретых вод тепловых и атомных электрических станций в водохранилища увеличивает их рыбопродуктивность. Развитие рыбоводства с использованием теплых вод, поступающих в водохранилища, является прогрессивным направлением. Опыт СССР, ГДР, ФРГ и США показывает, что улов рыбы с 1 м<sup>2</sup> повышается в несколько раз. Расчеты показывают<sup>1</sup>, что только в РСФСР можно использовать свыше 60 крупных энергетических объектов, суммарный сброс теплых вод которых приблизительно равен 3000 м<sup>3</sup>/с, а площадь водного зеркала 100 тыс. га. В водоемах этих объектов можно выловить 250 тыс. т рыбы.

Однако под воздействием подогретых вод может произойти существенное качественное изменение ихтиофауны. Так, в Ивановском и Горьковском водохранилищах на основании исследований популяции леща<sup>1</sup> отмечалось, что подогретые воды создают лишь видимость

<sup>1</sup> Охрана водных ресурсов/И. И. Бородавченко, Н. В. Зарубаев, Ю. С. Васильев и др. — М.: Колос, 1979.

<sup>1</sup> Житенева Т. С. Некоторые вопросы охраны окружающей среды при развитии теплоэнергетики. — В кн.: Проблемы охраны и рационального использования природных ресурсов. — Л.: 1976/ЛПИ.

благоприятных условий, а через несколько лет это привело к измельчению популяций.

До недавнего времени вопрос о негативном воздействии строительства плотин на затопление болот не рассматривался. Проблема охраны болот возникла в нашей стране лишь в самое последнее время. Болота представляют собой природный объект, где происходит накопление ценнейшего органического вещества, необходимого как для природных, так и для антропогенных процессов. Экосистемы болот являются автономными. Если водохранилище ликвидирует болота, то болотные экосистемы исчезают.

### 3. КРАТКАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЛЬТАПРОЕКТА

В Нидерландах в большом объеме ведется гидротехническое строительство, связанное с осуществлением Дельтапроекта. Толчком к реализации этого самого крупного в Западной Европе водохозяйственного комплекса, как указывается в [Д-40-9], явилось катастрофическое наводнение в феврале 1953 г., когда значительная часть страны была затоплена. После наводнения была образована авторитетная комиссия экспертов, которая внесла предложения по защите северо-западной части страны от наводнений с помощью дамб. Эти предложения легли в основу так называемого Дельтапроекта<sup>2</sup>.

Основные положения Дельтапроекта были утверждены парламентом Нидерландов в 1958 г. Размещение защитных дамб показано на рис. 2. После завершения строительства длина морского побережья сократится с 800 до 80 км, т. е. в 10 раз.

Дельтапроект после завершения окажет существенное воздействие на гидрологический режим в дельтах рек Шельды, Мааса и Рейна, а это в свою очередь будет воздействовать на метеообстановку, биологические условия жизни организмов в воде и на суше, а также миллионов жителей данного региона.

Дамбы совместно с другими защитными сооружениями образуют ряд бассейнов-водохранилищ: Харингвлит,

<sup>2</sup> Бондарев Л. Г. Суша, отвоеванная у моря. — М.: Мысль, 1979.



Гревелинген, Восточная Шельда, Западная Шельда. В одних искусственных озерах будет пресная вода, в других — соленая. Таким образом, геоморфологические, гидрологические и метеорологические условия будут целенаправленно изменены. Заметим, что изменение экологических условий не вызвало никаких протестов, поскольку на первый план выступали вопросы защиты жизни населения.

В настоящее время Дельтапроект успешно осуществляется. Проект имеет хорошее инженерно-техническое обоснование, и теперь необходимо провести широкий цикл экологических исследований.

Основное внимание в [Д-40-9] сфокусировано на флоре и фауне дна водохранилищ, а не на растениях и животных в водной среде. Для оценки изменения экосистемы в ходе реализации Дельтапроекта были изучены четыре группы организмов: планктон; низшие растения; низшие животные в донных отложениях; низшие растения, покрывающие дно. Исследования показали, что пробы, взятые на дне, вблизи и на значительном удалении от дамб, имеют практически одинаковый биологический состав.

В водохранилище Бриль-Мир происходит увеличение концентрации биомассы в воде. Это связано с появлением морских водорослей, которые из-за неприятного запаха и непривлекательного цвета отпугивают купальщиков и рыбаков. Однако, по мнению автора доклада, это временное явление, так как найдены эффективные способы борьбы с морскими водорослями. Так, разведение рыбы или насекомых позволит сократить разрастание растений. Это в свою очередь позволит увеличить популяцию птиц, сократившуюся в первые годы образования новых водохранилищ. Важно отметить, что в составе комплексов гидротехнических сооружений предусмотрены специальные убежища для птиц. Данное мероприятие является весьма эффективным.

В докладе отмечается положительное воздействие новой окружающей среды на людей и домашних животных при реализации Дельтапроекта. Свидетельством чему является процесс урбанизации территории, защищенной от моря.

Опыт гидротехнического строительства, накопленный в Нидерландах, следует шире использовать в отечественной практике. Технические решения по конструкциям дамб и шлюзов, устройству противофильтрационных мероприятий, технологическим схемам производства морских гидротехнических работ и другим вопросам заслуживают детального изучения. При создании и освоении полей в этой стране осуществляются комплексные агротехнические мероприятия, согласующиеся с задачами регулирования качества пресных вод и защитой поверхностных и грунтовых вод от загрязнения.

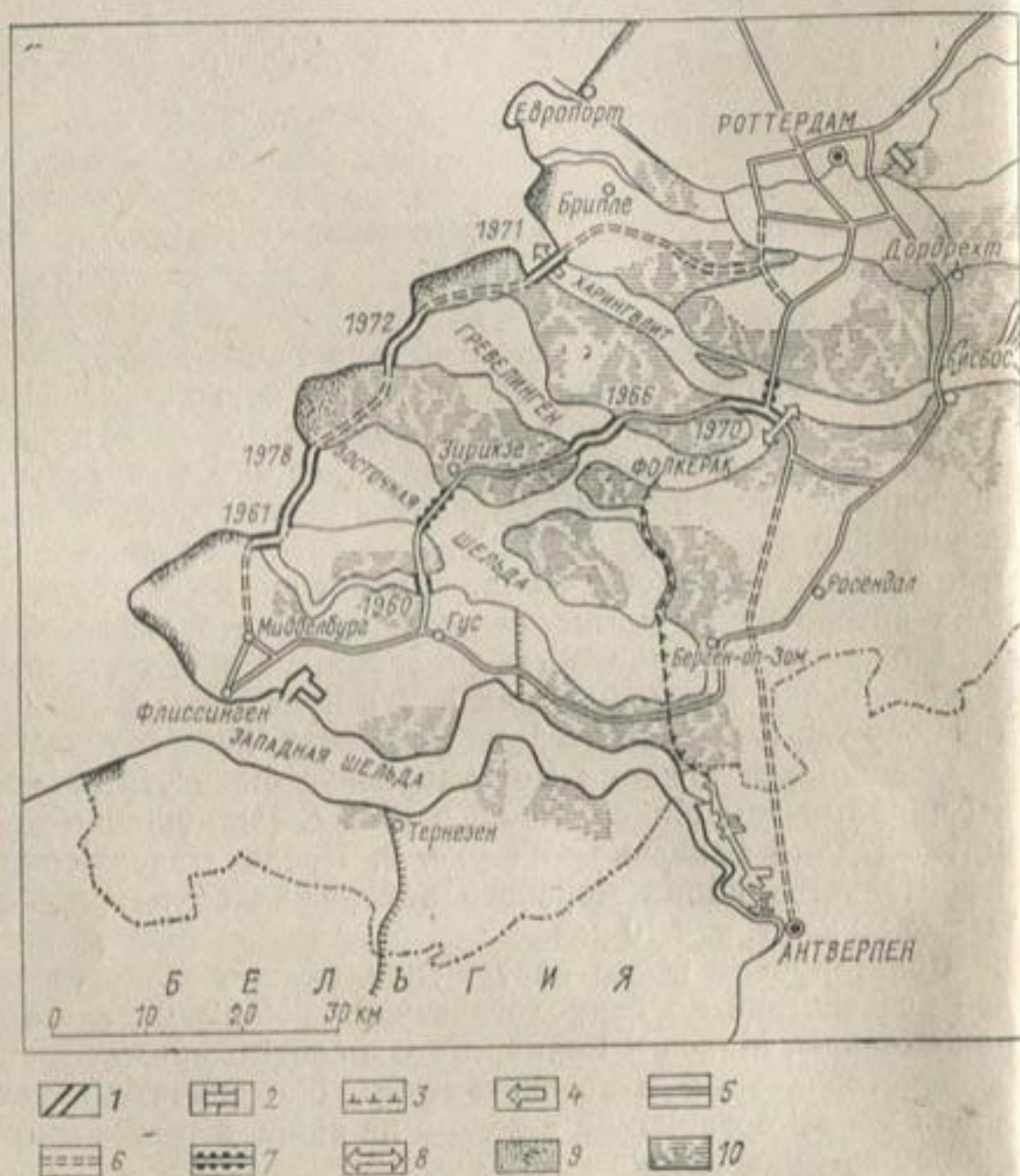


Рис. 2. Размещение сооружений и год их ввода в эксплуатацию по Дельтапроекту.

1 — дамбы; 2 — стенки для защиты от наводнений; 3 — каналы; 4 — водопропускной шлюз; 5 — транспортная магистраль; 6 — новая магистраль; 7 — мост; 8 — судоходный шлюз; 9 — дюны; 10 — площади, затопленные при наводнении 1953 г.

Некоторые рациональные решения могут найти применение при реализации проекта защиты г. Ленинграда от наводнений.

## Глава вторая

### ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОСЛЕ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

#### 4. ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ НА МИКРОКЛИМАТ И РЕЖИМ РЕК

В настоящее время на территориях, прилегающих к крупным водохранилищам, наблюдается некоторое изменение микроклимата. На это указывают сведения, содержащиеся в [Д-40-7, Д-40-10, Д-40-31, Д-40-46 и Д-40-55].

Начиная с 40-х годов Шведский метеорологический и гидрологический институт занимался изучением влияния регулирования озер на местный климат.

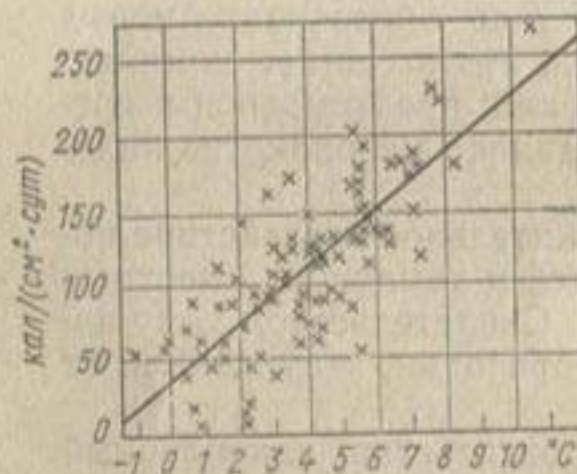


Рис. 3. График зависимости потери тепла от разности температур поверхности воды и атмосферы для октября.  
× — данные измерений.

В [Д-40-10] указывается, что местный климат является результатом взаимодействия атмосферы, поверхности земли, растительности и поверхности воды в озерах и реках. Когда речной сток проходит через озеро или искусственное водохранилище в весенне-летний период, то вытекающая вода холоднее, чем втекающая в водоем. В сентябре озера и водохранилища за счет аккумуля-

ции тепла образуют поток более теплой воды, чем поступающая в них, однако разность температур воды за водохранилищем и до него в Швеции не превышает  $1-2^{\circ}\text{C}$ .

Потери тепла с поверхности воды зависят от разности температур воды и воздуха. Результаты 20-летних наблюдений (с 1945 по 1965 г.) в нижних бьефах ГЭС Хисмофорс и Каттетрупефорсен показывают, что между суточной потерей тепла с водной поверхности и разностью температур могут быть установлены зависимости (рис. 3). Автор доклада рекомендует пользоваться линейной зависимостью с коэффициентом корреляции  $0,81-0,04$ .

Многолетние наблюдения за температурами воды и воздуха у населенного пункта Льюснедель до возведения плотины, когда река впадала в озеро площадью  $8,4 \text{ км}^2$ , и после возведения плотины, когда было образовано водохранилище площадью  $23 \text{ км}^2$ , показали, что разность температур воздуха и воды до и после создания водохранилища изменилась незначительно — на  $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$ .

Исследования влияния вновь создаваемых водохранилищ на повторяемость туманов в районах плотин показали, что изменение речного стока и повышение уровня воды в ограниченных размерах мало сказывается на влажности воздуха в летний период. Поэтому повторяемость туманов летом будет такой же, как и до возведения плотины. Зимой, поскольку в нижнем бьефе может существовать участок реки без ледяного покрова, условия образования туманов иные. Установлено, что повторяемость туманов около реки или водоема зависит от разности между ночной минимальной температурой воздуха  $T_{\text{воз}}$  и температурой поверхности воды  $T_{\text{вод}}$ . Туман образуется, когда ночью  $T_{\text{воз}} - T_{\text{вод}} \geq 15^{\circ}\text{C}$ . Следовательно, месячная повторяемость туманов может быть установлена по повторяемости фазности  $T_{\text{воз}} - T_{\text{вод}}$ .

В северной Швеции в сентябре, октябре среднее значение  $T_{\text{воз}} - T_{\text{вод}}$  колеблется от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ . В пределах этого диапазона повторяемость туманов осенью увеличивается на один день в месяц, когда средняя температура воды поднимается на  $1^{\circ}\text{C}$ .

Воздействие регулирования стока водохранилищами на местный климат в районе дельт северных рек Канады рассматривается в [Д-40-46] на примере р. Макензи, впадающей в море Бофорта. Площадь дельты  $6500 \text{ км}^2$ , средняя температура воздуха на этой территории в середине июля на  $3,5^{\circ}\text{C}$  выше, чем в любой другой части

северного американского континента на этой широте (рис. 4).

Причиной такой сравнительно высокой температуры являются следующие факторы: распространение клина теплого воздуха с севера вдоль долины р. Макензи, воз-

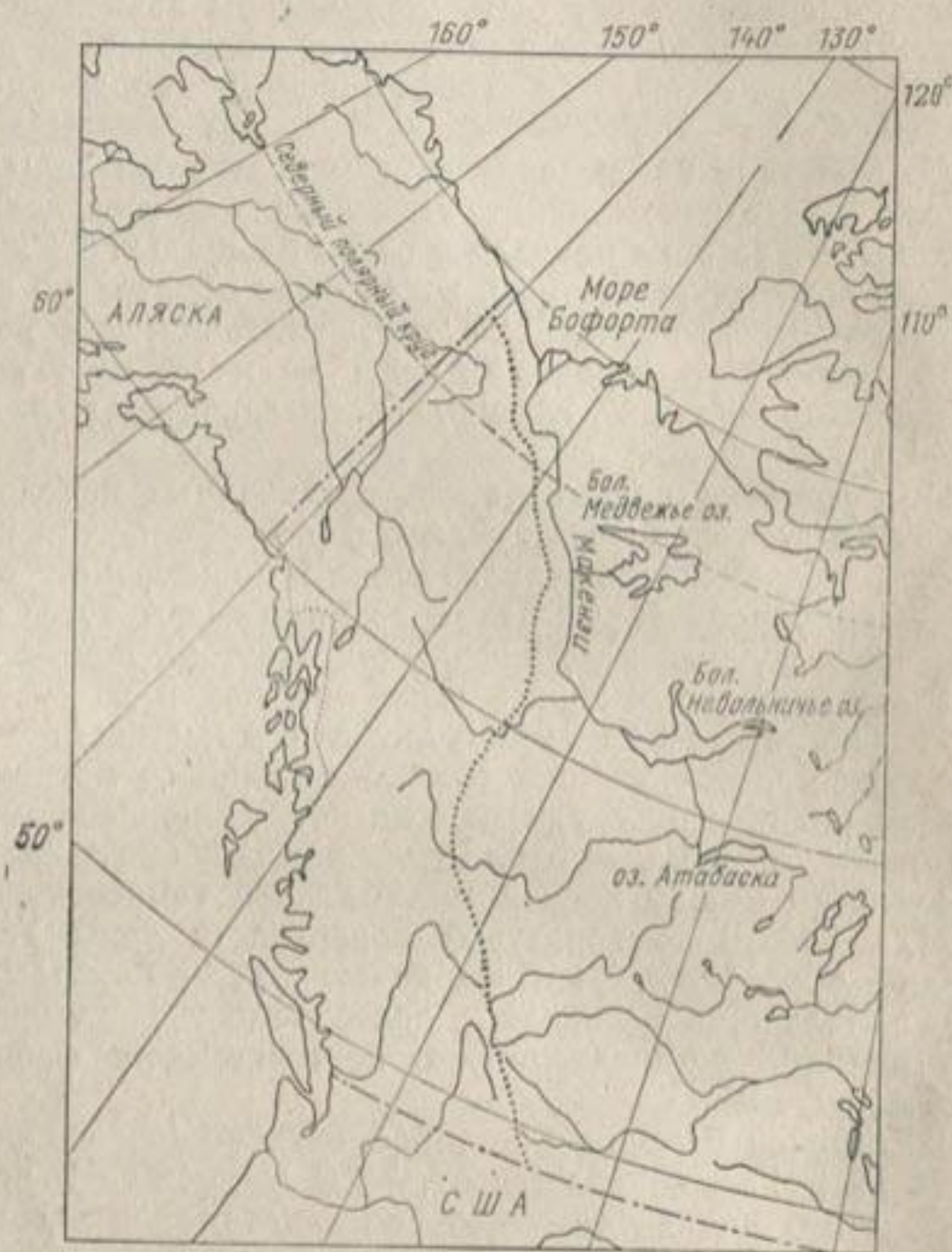


Рис. 4. Карта западной части Канады.

..... — Восточная граница гор Макензи и Скалистых гор.

действие весенних паводковых вод на ледяной покров в дельте, а также зимнее скопление льда в море Бофорта. После прохождения паводков наступают долгие солнечные дни, в течение которых происходит быстрое на-

гревание почвы за счет поглощения значительной доли ультрафиолетовых лучей. Температура земли быстро повышается, и образуется глубокий активный слой почвы. Несмотря на наличие вечной мерзлоты, здесь произрастают такие виды деревьев, как ель, бальзамический тополь и др.

Территория, прилегающая к дельте, представляет собой ярко выраженную арктическую тундру, где ледяной покров сходит на месяц позже и температура воздуха значительно ниже.

Если будет зарегулирован сток р. Макензи на нижнем участке, то климатические условия дельты реки изменятся. Ледяной покров будет задерживаться значительно дольше, не будет происходить «промывки льда» в устье реки и море Бофорта, и как следствие изменится местный климат дельты р. Макензи в сторону похолодания. Ухудшение местного климата дельты может способствовать распространению вечной мерзлоты.

Если в докладах представителей Швеции и Канады обращалось внимание на негативные стороны изменения климата этих стран при создании водохранилищ, то в [Д-40-55] отмечаются только положительные стороны воздействия водохранилищ на климат Испании. Так, в Севилье за счет образования водохранилищ и после орошения нескольких тысяч гектаров температура воздуха в летнее время уменьшилась на несколько градусов.

В Румынии [Д-40-31] создание водохранилища объемом 1,13 км<sup>3</sup> на р. Бистрице благоприятно повлияло на климат. Так, перепад суточной температуры в ясные дни снизился на 2°C; относительная влажность воздуха в зоне водохранилища увеличилась приблизительно на 20%. Изменился ветровой режим: ночью ветер имеет направление к водохранилищу, а днем к суше, неся прохладу. Ночной ветер переносит водяной пар, который конденсируется в облака. Это явление более интенсивно на рассвете.

Во всех докладах отмечается изменение ледового режима рек. Так, в [Д-40-1] приводятся сведения об изменении ледового режима рек Швеции, вызванном строительством ГЭС. В верхнем бьефе после создания водохранилища образование ледяного покрова наступает позже, чем в естественном состоянии из-за аккумуля-

ции больших масс теплой воды и ветрового воздействия, препятствующего образованию льда.

До создания водохранилищ лесозаготовительные компании, местное население, а также аборигены, кочующие со стадами оленей, устраивали в зимний период временные ледовые дороги — зимники. После создания водохранилища теплая вода из него способствует образованию в нижнем бьефе плотины полыньи, которая в зависимости от погоды меняет свою протяженность и ширину, прерывая зимник. Но если возводится каскад ГЭС с подпертыми бьефами, то водохранилище покрывается льдом раньше, а ровный ледовый покров хорошо воспринимает нагрузку при организации транспортных путей вдоль и поперек течения воды. Отмеченное обстоятельство следует учитывать при строительстве плотин на реках севера Сибири и Дальнего Востока, где широко практикуется устройство временных зимних дорог по льду водотоков.

Изменение периодов ледостава и вскрытия льда при переходе от бытового к зарегулированному режиму рек может носить как положительный, так и отрицательный характер. Руководствуясь этим положением, в [Д-40-46] делают вывод о необходимости обсуждать воздействие данного фактора только применительно к конкретным объектам. В незарегулированном состоянии зимний сток большинства рек Канады (с ноября по апрель) проходит в условиях ледостава. Однако участки с порогами и быстрым течением первоначально свободны ото льда и являются местами интенсивного шугообразования. Пороги замерзают только после подъема уровня воды в нижнем бьефе вследствие заторов. Толщина заторов льда достигает 10 м, как это имеет место на р. Нельсон. Короткий период вскрытия льда — важная особенность ледового режима в естественном состоянии. В данный период также имеют место заторы. Опыт возведения плотин на этих реках показал, что перераспределение стока водохранилищем может задержать начало вскрытия льда. Более позднее вскрытие льда приводит к изменениям в экосистемах не только водоемов, но и прилегающей суши.

Рассмотрение материалов докладов показывает, что вопросы воздействия водохранилищ на климат зарубежными специалистами комплексно не исследуются. В Советском Союзе эта проблема изучается значительно пол-

нее и уже более 20 лет. Наиболее подробно она освещена в работах Ю. М. Матарзина<sup>1</sup>.

После создания крупных водохранилищ все элементы микроклимата акватории и прибрежной полосы претерпевают изменения. В результате обработки данных наблюдений установлено, что возрастает скорость ветра, уменьшается континентальность климата, увеличивается радиационный баланс. В европейской части СССР восточный берег водохранилищ по климатическим условиям отличается от западного, так как имеет место перенос влаги и тепла с запада на восток.

Вопросы изменения микроклимата в нижних бьефах крупных плотин, таких как Братская, Красноярская, Усть-Илимская и др., достаточно полно освещены в отечественной литературе и потому здесь не рассматриваются.

#### 5. ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОСЛЕ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

В самом русле реки первым изменением, вызываемым возведением плотины, является изменение гидрологического режима. Проблема перераспределения стока во времени в результате создания водохранилища рассматривалась во многих докладах.

Генеральный докладчик по вопросу № 40 И. Шерет подчеркнул, что водохранилища перераспределяют сток рек главным образом в зависимости от своего назначения. Водоохранилища, построенные для водоснабжения городов, выравнивают сток; водохранилища, созданные для борьбы с паводками, уменьшают пик расхода воды в реке. Когда водохранилище имеет многоцелевое назначение, возникают большие трудности при согласовании правил эксплуатации между различными потребителями. В процессе эксплуатации необходимо производить дальнейшее изменение правил эксплуатации. Даже при проектировании комплексной схемы использования речного бассейна не всегда удается удовлетворить противоречивые запросы водопользователей и водопотребителей.

<sup>1</sup> Матарзин Ю. М. Проблемы комплексных географо-гидрологических исследований формирования крупных водохранилищ и их влияние на природу и хозяйство (на примере Камского каскада). — Автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра геогр. наук. Пермь, 1971. — 46 с./ПГУ.

телей в отношении режимов уровней воды и расходов в бьефах больших плотин.

В [Д-40-56] анализируются причины изменения стока р. Вольты в Гане после создания водохранилища. Натурные наблюдения за атмосферными осадками до возведения плотины (28 лет) и после начала наполнения водохранилища (8 лет) показали, что количество атмосферных осадков изменилось, и это повлияло на сток реки. За счет выпадения осадков непосредственно в водохранилище площадью 8730 км<sup>2</sup> месячный сток в сентябре в среднем увеличился на 35%, в то время как в другие месяцы он уменьшился. Высказывается предположение о том, что потери на испарение с мая по октябрь меньше, чем количество выпадающих на водохранилище осадков.

На основании данных, полученных аэрофотосъемкой в масштабе 1:50 000, установлено, что водохранилище Вольта является самым большим водоемом в Гане и шестым по площади в Африке, самым длинным искусственным озером в мире и по объему четвертым в мире (после водохранилищ ГЭС Кариба, Братской и Асуанской).

Водоохранилище длиной 400 км, средней шириной 25 км имеет сложную древовидно-разветвленную форму и ориентировано с севера на юг. Объем водохранилища при отметке нормального подпёртого уровня составляет 165 км<sup>3</sup>.

Река Вольта длиной 1625 км имеет водосборную площадь приблизительно 400 тыс. км<sup>2</sup>, из которых 165 тыс. км<sup>2</sup> расположены в Гане, а остальная часть в Верхней Вольте, Того, Бенине, Мали и на Береге Слоновой Кости. Водосборная площадь вверх по течению от плотины равна 394 тыс. км<sup>2</sup>. Главными притоками р. Вольта являются реки Черная Вольта, Белая Вольта, Оти и Афрам. Воды этих основных притоков теперь поступают в водохранилище и питают его отдельно в различных местах, причем воды Оти составляют от 30 до 40% общего ежегодного притока.

На основании данных изучения стока, испарения и осадков сделаны выводы:

среднегодовой сток реки после создания водохранилища увеличился в значительных размерах;

самый многоводный год после создания водохранилища — 1968;

октябрь постепенно перестает быть дождливым месяцем, как было до образования водохранилища, в то время как июль и август становятся самыми дождливыми.

Представляется, однако, что в докладе переоценивается влияние водохранилища на изменение режима стока реки и не учитывается такой фактор, как цикличность стока рек. В отечественной практике водохозяйственные расчеты осуществляются с применением ЭВМ, что позволяет учесть циклический характер стока рек.

В [Д-40-58] отмечается, что лишь в исключительных случаях создание крупных водохранилищ может оказать воздействие на метеорологические условия по всей водосборной площади и изменение стока реки.

Изменение гидрогеологических условий после создания водохранилищ рассматривалось в двух докладах. В [Д-40-58] предлагается учитывать при проектировании плотин повышение уровня воды вследствие подпора плотинной, особенно если в зоне будущего водохранилища имеются проницаемые аллювиальные грунты или карстовые скальные породы.

В [Д-40-24] обсуждается проблема выноса солей фильтрационным потоком под плотинной Човилла на р. Муррей в Австралии. До зарегулирования стока р. Муррей на всей прилегающей территории отмечалось содержание солей в грунтовых водах. Предполагается, что после возведения плотины Човилла и создания водохранилища фильтрационный поток под плотинной и из чаши водохранилища будет постепенно качественно изменяться. Если в начале эксплуатации гидроузла просачивающаяся вода будет соленой, то с течением времени содержание солей в ней будет уменьшаться. Детальные модельные исследования показали, что период перехода от соленых фильтрационных вод к пресным составит около 150 лет. В докладе подробно излагаются гидрогеологические условия в створе гидроузла и методы полевых испытаний, а также лабораторные исследования. Подчеркивается, что поток двух и более жидкостей различной плотности и вязкости (фильтрация пресной и соленой грунтовой воды) могут быть изучены визуально. Авторы доклада изучали процессы в условиях установившегося и не установившегося режимов. Чтобы первоначально поступающий в нижний бьеф поток соленых фильтрационных вод не загрязнял речную воду, предлагается отсечь фильтрационный поток с помощью

дренажной сети. Прогнозируемый фильтрационный расход ( $1,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ) определен на основе испытаний на проницаемость грунтов путем откачивания.

Изменения гидрологического режима после возведения плотин рассматриваются и в других докладах, но поскольку приводимые примеры связи с проблемой охраны окружающей среды не имеют, здесь они не приводятся.

## 6. СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, ВЫЗВАННАЯ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ

До сих пор остается не полностью выявленным вопрос о том, существует ли связь между сейсмической активностью в отдельных пунктах земной коры и наполнением больших водохранилищ. Впервые этот вопрос был поставлен и обсуждался на IX Конгрессе в г. Стамбуле в 1967 г.<sup>1</sup> На XI Конгрессе в [Д-40-58] показано, что за последние несколько десятилетий наблюдается возрастающее число сейсмических толчков вблизи больших водохранилищ и приводятся два примера: водохранилища гидроузлов Кариба и Мерчисон.

Кариба является одним из гидроузлов, по которому имеются подробные документальные данные о сейсмической активности, последовавшей вслед за наполнением водохранилища.

Первое внезапное проявление сейсмической активности было зарегистрировано в 1959 г., когда максимальная глубина воды в водохранилище составляла около 90 м, а объем воды в водохранилище составлял всего около одной десятой полного объема. Наибольшая активность (толчок силой около 6 баллов) произошла через пять недель после того, как вода поднялась до отметки НПУ. Эпицентры толчков располагались на протяжении обширной зоны, многие, включая самый большой, приблизительно в 20 км выше по течению от плотины. Некоторые эпицентры располагались еще дальше вверх по течению, а некоторые — в нижнем бьефе плотины. Сейсмическая активность объясняется наличием многих геологических разломов, которые расположены

в чаше водохранилища, некоторые под водохранилищем, а один проходит под плотиной. Если разлом вызван подпором водохранилища, то существует опасность сейсмической активности очень близко к сооружениям.

Активность в зоне гидроузла Кариба не прекратилась. Часто происходят подземные толчки силой меньше 3 баллов. В течение сентября — ноября 1971 г. происходили подземные толчки силой от 2,5 до 3,8 балла с эпицентрами в зоне водохранилища. Такие сейсмические толчки не оказали вредного воздействия на сооружения.

Гидроузел на водопаде Мерчисон расположен в северной части восточной африканской рифтовой долины. После возведения гидроузла произошло несколько землетрясений с эпицентрами, лежащими на линии сбросов в Уганде. Геологические исследования показали разломы на местности, особенно в зоне отводящего туннеля.

Сейсмические исследования выполнялись одновременно с геологическим изучением. Три сейсмические станции регистрировали микросейсмические толчки на магнитной ленте с очень точным определением времени. Обработка данных измерений привела к следующим выводам:

основной регион активности расположен в главной зоне разломов — примерно в 20 км восточнее гидроузла. В период проведения исследований сейсмические толчки силой до 1 балла происходили 1 раз в два дня, толчки силой в 4 балла наблюдались 1 раз в 5 лет;

максимальная сейсмичность у водопадов Мерчисон значительно ниже, чем в западной зоне разломов. В настоящее время разломы, пересекающие местоположение гидроузла или близкие к нему, не являются активными.

Далее авторы доклада [Д-40-58] излагают программу, которой необходимо руководствоваться при проектировании гидроузла.

1. Оценка сейсмической активности местности необходима при проектировании любого гидроузла, включающего высотную плотину или большое водохранилище. Необходимо тщательно изучить исторические и современные данные сейсмической активности на территории будущего объекта и прилегающих участках.

2. Геологический обзор местности должен включать специальное изучение разломов в зоне водохранилища или вокруг него, особенно необходимо искать следы

<sup>1</sup> Строительство плотин в сложных природных условиях. По материалам IX Международного конгресса по большим плотинам. — М.: Энергия, 1972.

активности или движения разломов. Любые разломы или водопроницаемые зоны, которые могут иметь связь с водохранилищем, должны быть нанесены на карту и включены в программу изучения.

3. Только после завершения работы по 1-му и 2-му пунктам может быть сделана первоначальная оценка современного уровня сейсмической активности: либо опасность основных подземных толчков мала, либо существует опасность повреждений. В последнем случае в заключении должны быть указаны: вероятный максимальный уровень активности; устойчивость сооружений к колебаниям, даже если они специально не рассчитаны на возможность землетрясения (это не относится к старым сооружениям или к естественным земляным или скальным склонам); активность, связанная с подпором водохранилища (происходила только в нескольких случаях, либо не существовала, либо была на низком уровне).

4. Если в результате изучения вопроса выяснится, что основные сейсмические толчки могут происходить под гидроузлом или около него, то необходимы дальнейшие геологические изыскания. Эти работы должны сопровождаться научными исследованиями.

В заключение выражается надежда, что обусловленная водохранилищами сейсмическая активность может изучаться на физических моделях, если будут найдены необходимые критерии подобия.

В [Д-40-56] содержатся сведения о сейсмической активности земной коры в зоне водохранилища на р. Вольта в Гане (рис. 5).

В целом в Гане подземные толчки редки. Однако береговая зона, особенно район Аккра, подвержена землетрясениям, там было зарегистрировано 5 главных подземных толчков в 1863, 1883, 1906 и 1939 гг. и около 10 меньших с 1858 г. Площади распространения этих землетрясений были небольшими, но сила толчков некоторых из них доходила до 8 и 9 баллов по шкале Меркалли.

Наполнение водохранилища началось в мае 1964 г., в ноябре 1964 г., когда объем водохранилища составлял 28 км<sup>3</sup>, произошло землетрясение. В это время в Гане не было действующего сейсмографа (установленный в 1914 г. сейсмограф с 1935 г. не работал из-за экономии средств).

За пределами Ганы 11 стран зарегистрировали этот подземный толчок и установили, что его эпицентр находился приблизительно в 40 км к югу от водохранилища. Сила землетрясения равнялась 5 баллам по модифицированной шкале Меркалли. В декабре 1966 г., когда

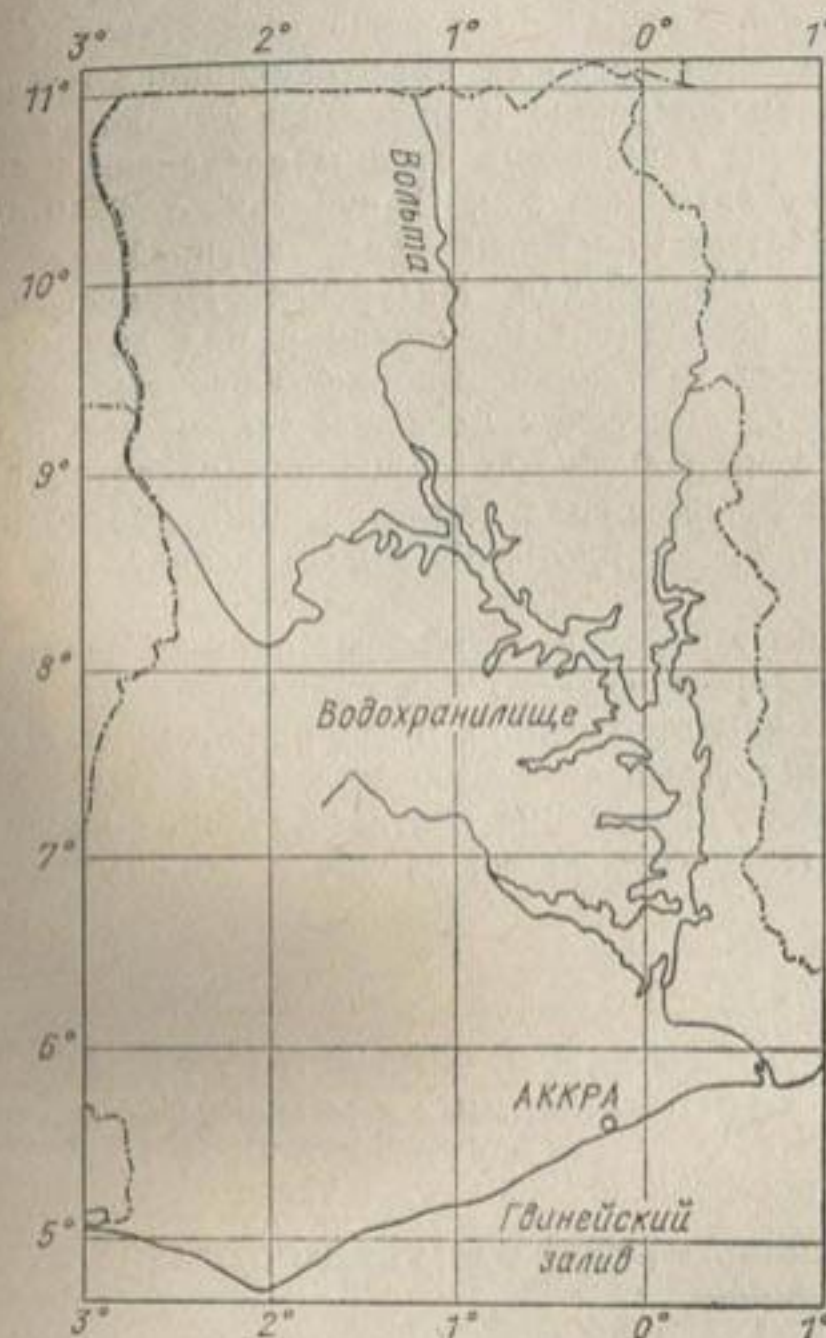


Рис. 5. Зона затопления водохранилищем на р. Вольта в Гане.

общий объем аккумулированной в водохранилище воды составлял 102 км<sup>3</sup>, произошло другое землетрясение той же силы с эпицентром около г. Аккра в море. В феврале 1969 г., когда объем водохранилища составлял 162 км<sup>3</sup>, произошел подземный толчок с эпицентром

также вблизи г. Аккра, но в береговой зоне. Сила землетрясения была несколько больше, чем предыдущего. Автор предполагает, что одно из этих землетрясений было связано с наполнением водохранилища.

Вопросы сейсмического воздействия на большие плотины из бетона и грунтовых материалов в отечественной технической литературе освещены достаточно подробно<sup>1</sup>. Существует строгая классификация землетрясений по их происхождению и интенсивности проявления по поверхности. Территория страны разделена на 12 сейсмических активных зон. В пунктах с 7—9-балльной сейсмичностью построен ряд крупнейших плотин, а именно: Чиркейская, Ингурская, Нурекская, Токтогульская; возводятся Рогунская и ряд других плотин. При их проектировании выполнены расчеты сооружений с учетом сейсмических нагрузок тектонического происхождения. Вследствие того что при расчетах применялась наибольшая сила землетрясений, прогнозирование «возбужденных» плотинной землетрясений не производилось.

Однако в районах, спокойных с точки зрения землетрясений тектонического или вулканического происхождения, по нашему мнению, могут происходить вызванные водохранилищами землетрясения. Отсюда вытекает необходимость проведения соответствующих исследований и внимательное изучение зарубежного опыта.

### Глава третья

## ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И КАЧЕСТВО ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ И НИЖНИХ БЬЕФАХ ПЛОТИН

### 7. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАЗЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

В докладе французского национального комитета СИГБ [Д-40-35] отмечается, что водохранилища вызывают наиболее существенные сдвиги в экологических системах планеты. В мире по данным 1973 г. насчитывается свыше 4 тыс. водохранилищ, площадью 300 тыс. км<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании гидротехнических сооружений. — Л.: ВНИИГ, 1977.

и объемом 4 тыс. км<sup>3</sup>. Около 40 из этих водохранилищ имеют площадь более 1 тыс. км<sup>2</sup>. Экологические системы в этих водоемах активно развиваются.

Продолжительность жизни представителей водных видов органического мира разная — от нескольких часов до десятков лет. Первыми захватывают вновь созданные водохранилища бактерии и водоросли. Высшие растения и позвоночные (рыбы, пресмыкающиеся, земноводные) приспособляются к водной среде долго.

По месту обитания и процессу приспособления можно выделить следующие организмы, живущие в водохранилище: бентос — организмы дна, плейстон — организмы водной поверхности, планктон — организмы водной толщи, нектон — активно плавающие, влаголюбивые-гидрофилы — в зоне контакта суши и воды (по берегам).

По биологической продуктивности водохранилищ и озер можно выделить три группы водоемов: эвтрофные — с большим содержанием биогенных элементов, высокопродуктивные; олиготрофные — с малым содержанием биогенных элементов, малопродуктивные; дистрофные — обогащенные гуминовыми веществами.

Эволюция озер и водохранилищ под действием антропогенных факторов протекает значительно быстрее, чем в естественном состоянии. Некоторые крупные водохранилища после наполнения приобретают свойства эвтрофного озера, но затем превращаются в олиготрофные. Подобная смена фаз произошла с водохранилищем ГЭС Кариба, подтверждая тот факт, что в тропическом климате эвтрофикация водохранилищ наступает быстрее, чем в других зонах.

### 8. ЦВЕТЕНИЕ ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

В [Д-47-18] на основе обширных исследований детально рассмотрены причины цветения воды в водохранилищах СССР. До последнего времени считали, что промышленные сточные воды являются главным источником загрязнения воды. Однако результаты исследований показали, что сельское хозяйство оказывает весьма отрицательное воздействие на состояние водных ресурсов. Помимо размытой почвы поверхностный сток переносит в водоемы пестициды, которые токсичны для гидробионтов. Пестициды способствуют эвтрофикации водохранилищ, особенно в зоне интенсивного земледелия.

Исследования показали, что наряду с химическим загрязнением водохранилищ, наблюдается интенсивное биологическое загрязнение. Рекомендуются ввести в число факторов, определяющих качество воды, гидробиологические параметры.

Ухудшение качества воды в условиях водохранилищ может быть названо «биологическим загрязнением». Оно означает изменение природного биоценоза в водохранилищах, приводящее к росту в массовом масштабе флоры и фауны, перепроизводство которых, обусловленное разложением, вызывает ухудшение качества воды. Интенсивный рост фитопланктона («цветение»), макрофитов и вследствие этого заболачивание мелководий, а также массовый рост некоторых видов водной фауны, указывают на это явление.

В условиях зарегулированного стока рек, процесс накопления веществ идет быстрее и преобладает над процессами перемещения и разложения. Поэтому процесс кругооборота веществ является неполным и должен быть отнесен к аккумулялирующему типу. Рост фитопланктона, особенно сине-зеленых водорослей, отрицательно влияет на качество воды водохранилищ. Замедление водообмена способствует росту сине-зеленых водорослей. Явление цветения происходит в ряде водохранилищ США, Австралии, Канады, Аргентины, Финляндии. Регулярный рост сине-зеленых водорослей наблюдается в водохранилищах на больших равнинных реках европейской части СССР (Волга, Днепр, Дон).

Все водохранилища, где имеет место цветение, принадлежат к мезотрофному или эвтрофному виду. Для этих водохранилищ выявлены характерные физико-биологические свойства некоторых видов сине-зеленых водорослей, вызывающие их массовый рост. Подобно древним фотосинтезирующим организмам, сине-зеленые водоросли приспособились к условиям недостаточного кислородного насыщения. Уменьшение содержания кислорода, понижение окислительно-восстановительного потенциала и увеличение количества органических веществ в окружающей среде, особенно в придонных слоях, являются наиболее важными факторами, которые благоприятствуют росту в массовом масштабе сине-зеленых водорослей. Последние поглощают более широкий спектр солнечной энергии, чем другие виды водорослей. Важный признак развития сине-зеленых водорослей —

наличие пузырьков воздуха. В свою очередь пузырьки воздуха поднимаясь на поверхность и сосредотачиваясь в верхних слоях водохранилища, создают своеобразный экран, задерживающий свет для других водорослей. Способность сине-зеленых водорослей жить в атмосфере азота в отличие от других видов фитопланктонов является важной их особенностью.

После наполнения водохранилищ сине-зеленые водоросли получают благоприятные условия для роста вследствие резкого уменьшения скоростей потока, накопления ила и уменьшения мутности воды.

Интенсивность цветения зависит от скорости водообмена. Например, установлено, что десятидневная скорость водообмена обычно является пределом. При большом сроке водообмена начинается цветение. Большие площади хорошо нагретых мелководий также способствуют более раннему и более интенсивному росту сине-зеленых водорослей. Следует иметь в виду, что каскадное расположение водохранилищ благоприятствует процессу цветения. Так, после создания водохранилища Кременчугской ГЭС цветение резко усилилось в водохранилище ДнепроГЭС. Оно еще больше усилилось после наполнения водохранилища Днепродзержинской ГЭС. Влияние верхних водохранилищ на нижние проявляется в первые 3—4 года после их сооружения, и может объясняться воздействием «удобряющего фактора» и увеличенным притоком биогенных и органических веществ.

Вода, азот и фосфор являются наиболее благоприятной средой для развития сине-зеленых водорослей. Большие количества соединений азота и фосфора поступают в водохранилища с бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными сточными водами. На участках р. Днепр между городами Киевом и Каневом количество органических веществ, поступающих с посевных площадей, за последние 10 лет удвоилось.

Поскольку при существующих методах физической и биологической обработки биогенные вещества не удаляются из сточных вод, в будущем можно ожидать дальнейшее усиление процесса цветения.

Процесс цветения сине-зеленых водорослей целесообразно классифицировать по интенсивности их развития, определяемой массой на единицу объема воды или на 1 м<sup>2</sup> площади водного зеркала. Биомасса водорослей

в каскаде водохранилищ на Днестре достигла 60—100 г/м<sup>2</sup>, а в Цимлянском водохранилище 35—50 г/м<sup>2</sup>.

В р. Волге наиболее интенсивное цветение наблюдается в Рыбинском водохранилище, где средняя биомасса водорослей составляет 4—11 г/м<sup>2</sup>, и в Волгоградском водохранилище (4—33 г/м<sup>2</sup>).

На ранних стадиях роста колонии сине-зеленых водорослей равномерно распределяются в верхнем слое воды толщиной от 3 до 4 м. На этой стадии цветение мало влияет на качество воды, наоборот, вода обогащается кислородом, и в водоемах происходит самоочищение воды. При старении водоросли поднимаются на поверхность, образуя пятна и островки.

На второй стадии цветение вызывает самозагрязнение воды в результате высвобождения токсических продуктов распада и поглощения кислорода. Под воздействием ветрового течения и течения воды места цветения соединяются в большие поля. Сине-зеленые водоросли, выброшенные на берег ветром или сконцентрированные на поверхности после опорожнения водохранилища, начинают разлагаться. Продукты распада органических веществ вызывают ухудшение качества воды, накопление ядовитых веществ, неприятный вкус и запах.

На третьей стадии отрицательная роль сине-зеленых водорослей особенно ярко выражена. Когда биомасса сине-зеленых водорослей не превышает 10—25 г/м<sup>3</sup>, то они, так же как и другие водоросли, очищают воду путем обогащения ее кислородом. В местах цветения образуются продукты распада водорослей (аммиак, фенол и др.) и содержание органических веществ в 20—40 раз превышает нормы для углерода, в 30—150 раз для азота и в 25—100 раз для фосфора. В таких условиях общее число бактерий увеличивается в 100—200 раз и появляется большое число патогенных кишечных микроорганизмов.

В зонах с высокой концентрацией сине-зеленых водорослей недостаток кислорода приводит к разрушению рыбных кормовых баз и к гибели рыб. Кроме того, массы водорослей, находящиеся в воде, осложняют работу очистных установок, уменьшая пропускную способность отстойников и увеличивая потребление коагулянтов. Выброшенные на берег и разлагающиеся водоросли сокращают рекреационные территории для отдыха и спорта по берегам водохранилищ.

Цветение в водохранилищах, вызванное интенсивным ростом сине-зеленых водорослей, не только воздействует на биохимические свойства воды, но вызывает повышение температуры и, следовательно, испарения (до 20% по сравнению с первоначальным количеством).

В [Д-40-13] приводятся сведения об образовании сине-зеленых водорослей в малых водохранилищах тепловых электростанций. Так, водохранилище Розов-Кладенец для водоснабжения ТЭС начало цвести в первые годы. Увеличение мощности ТЭС сдерживается из-за отсутствия действенных способов уничтожения водорослей.

Борьба с цветением воды — актуальная задача для регулирования запасами воды в водохранилищах СССР. По данным ВНИИГ имени Б. Е. Веденеева, общий ежегодный убыток для народного хозяйства в результате цветения водохранилищ составляет от 10 до 15 млн. руб. В [Д-47-18] приводятся примеры мероприятий против образования сине-зеленых водорослей. Так, цветение не опасно для речных водохранилищ со скоростями воды более 0,2 м/с, минимальной изрезанностью береговой линии и минимальной площадью затопления культивируемых земель. Кроме того, преобладающая глубина должна быть не меньше 15—20 м и насыщение кислородом не менее 30—40%. В зонах мелководий рекомендуется создавать благоприятные условия для развития фитобентоса, которые по потреблению биогенных веществ успешно конкурируют с фитопланктоном.

На начальной стадии борьба с цветением сине-зеленых водорослей может вестись с помощью искусственной аэрации, химических методов и средств защиты водных зон. На конечной стадии зеленая масса удаляется из водохранилищ посредством флотации, коагуляции и механическим способом.

В настоящее время изучаются перспективные биологические методы постоянной борьбы при помощи лизогенных вирусов и растительноядных рыб.

Биогенные элементы, в том числе азот и фосфор, поступают в водохранилища в составе сточных вод. Если ограничить поступление азота и фосфора, то можно предотвратить интенсивное цветение водоемов. Хорошая очистка сточных вод — фактор, влияющий на уменьшение количества и рост сине-зеленых водорослей. В отечественной практике для предотвращения попадания

в водохранилища биогенных элементов с сельскохозяйственных земель применяют такой прием: благоустраивают прибрежную зону в виде луга (шириной не менее 15 м) и осуществляют за лугом лесопосадки (предпочтительна ель). Другой мерой являются так называемые «биофильтры» из нитчатых водорослей и высших растений, которые устанавливаются на путях стекания загрязненных дождевых вод, что препятствует поступлению биогенных веществ. Например, значительное количество питательных веществ извлекает из воды тростник. По данным гидробиологического института АН СССР, 1 га тростника может потреблять при хорошем росте 670 кг азота, 420 кг калия, 280 кг фосфора, 400 кг хлора, около 200 кг кальция и ряд других элементов.

На мелководных участках водохранилищ целесообразно разводить высокоурожайные кормовые растения (дальневосточный дикий рис). Так можно повысить продуктивность водоема и повысить качество воды. Однако в течение года загрязняющая роль прибрежной растительности не постоянна. Удержание веществ, вызывающих эвтрофикацию, происходит только в вегетационный период. При использовании защитных растительных полос типа тростника возникает дополнительная проблема удаления и использования растительности.

Для эффективной защиты водохранилищ от загрязнения сточными водами с сельскохозяйственных земель можно рекомендовать: 1) лесонасаждения вдоль береговой линии; 2) агротехнические и гидротехнические приемы борьбы с эрозией почв; 3) устройство охранных зон вдоль уреза воды.

Первые два мероприятия должны охватывать водосбросные бассейны целиком и на практике широко используются. Однако проблема полностью не решается даже при совместном применении обоих методов.

Поэтому устройство охранных зон вдоль береговой линии является необходимой и эффективной мерой.

#### 9. УВЕЛИЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АЗОТА В РЕКАХ ПРИ КАСКАДНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГИДРОУЗЛОВ

В [Д-40-17] излагаются исследования Корпуса военных инженеров США о насыщении воды азотом и пагубном влиянии этого на ценные популяции рыб.

На р. Снейк было установлено вымирание лосося вследствие увеличения концентрации азота при сбросах

паводковых вод через гидроузлы. Данная информация широко освещалась в печати США, что вызвало отрицательную реакцию населения, проживающего в бассейне р. Колумбии.

Бассейн р. Колумбии — один из самых больших в США. Он имеет водосборную площадь 670 км<sup>2</sup> и

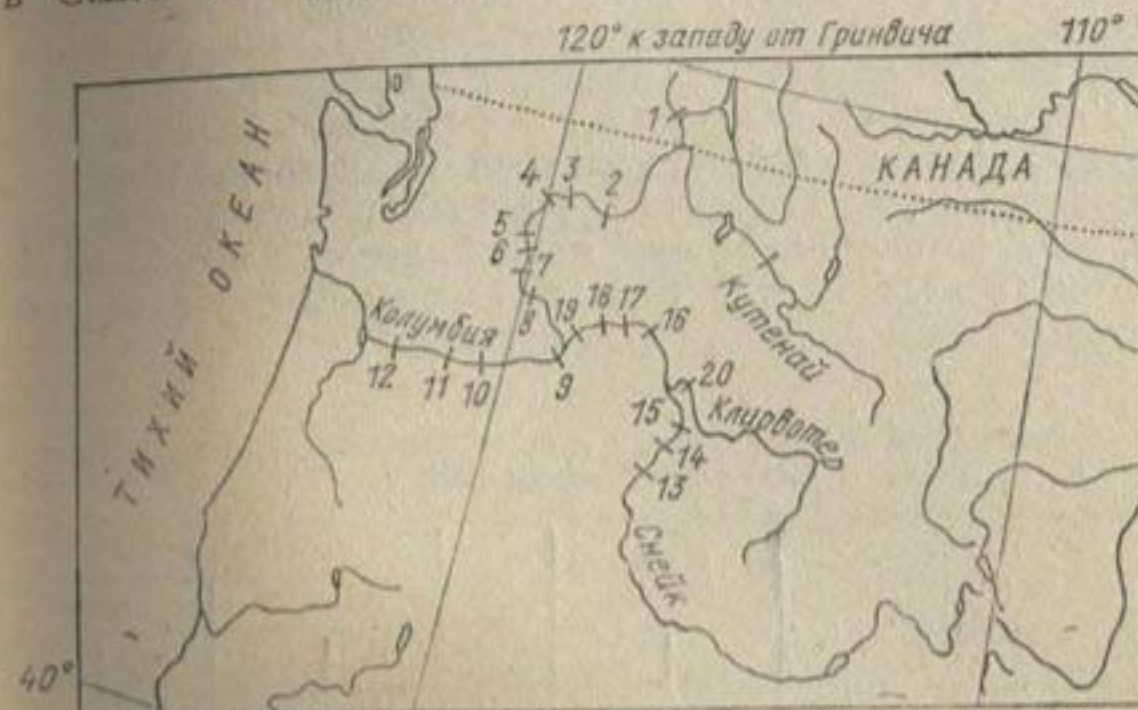


Рис. 6. Гидроузлы в бассейне р. Колумбии.

1 — Арроу-Дем; 2 — Гранд-Кули; 3 — Чифф-Джозеф; 4 — Уэллс; 5 — Роки-Рич; 6 — Рок-Исланд; 7 — Вананум; 8 — Прист-Репидс; 9 — Мак-Нери; 10 — Джон-Дей; 11 — Даллес; 12 — Бонневиль; 13 — Броули; 14 — Оксбоу; 15 — Хеллс-Каньон; 16 — Лоуер-Гранит; 17 — Литтл-Газ; 18 — Лоуер-Монументал; 19 — Айс-Харбор; 20 — Дворжак.

осваивается в многоотраслевых целях, в первую очередь для выработки электроэнергии, ибо 40% гидроэнергетического потенциала США приходится на тихоокеанский северо-запад страны, а около 90% этой энергии — на бассейн р. Колумбии (рис. 6).

Рыбные ресурсы в реках Колумбии и Снейк играют заметную роль при комплексном использовании этих бассейнов. Основными видами проходных рыб являются лососевые, американский шэд (представитель семейства сельди) и др. Промысел проходных рыб оценивается в 26 млн. дол. Капитальные вложения на поддержание поголовья рыб составили приблизительно 300 млн. дол., которые складываются из затрат на рыбопропускные сооружения и хозяйства разведения молоди для компенсации потерь нерестилищ. Рыбоходы работают удовлетворительно.

В 1970 г. было установлено, что 90% лосося в нижнем течении р. Снейк погибло вследствие азотного перенасыщения.

Азотное перенасыщение воды происходит при сбросах паводковых вод через плотину, когда в поток вовлекается воздух и количество газа в жидкости превышает норму. Исследования показали, что степень перенасыщения потока газом — азотом и кислородом — зависит от конструкций водослива и водобойного колодца плотины. Для каждой конструкции водосливной плотины может быть установлено предельное значение перенасыщения потока газом при максимальном расходе воды. При каскаде плотин в паводки происходит перенасыщение газом большого участка реки.

Таблица 2

Содержание газов в водном потоке при пропуске холостых сбросов 1 июня 1970 г.

| Плотина              | Расход,<br>10 <sup>3</sup> м <sup>3</sup> /с |       | Темпе-<br>ратура<br>воды,<br>°С | Содержание газов      |                       |                       |                       |
|----------------------|----------------------------------------------|-------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                      |                                              |       |                                 | кислорода             |                       | азота                 |                       |
|                      |                                              |       |                                 | мг/л                  | %                     | мг/л                  | %                     |
| Литтл-Газ            | 5,55                                         | 3,34  | <u>9,8</u><br>9,8               | <u>11,50</u><br>14,94 | <u>101,5</u><br>131,9 | <u>19,0</u><br>26,14  | <u>101,4</u><br>139,5 |
| Лоуер-Монументал     | 5,48                                         | 4,06  | <u>10,8</u><br>10,8             | <u>14,00</u><br>14,20 | <u>126,4</u><br>128,4 | <u>24,50</u><br>24,62 | <u>133,2</u><br>134,1 |
| Айс-Харбор           | 5,41                                         | 4,45  | <u>11,6</u><br>11,7             | <u>13,90</u><br>13,54 | <u>128,1</u><br>125,1 | <u>23,70</u><br>23,80 | <u>131,1</u><br>126,4 |
| Мак-Нери             | 13,57                                        | 7,77  | <u>13,0</u><br>12,2             | <u>12,80</u><br>13,83 | <u>121,9</u><br>129,3 | <u>21,60</u><br>21,30 | <u>122,7</u><br>130,3 |
| Джон-Дей             | 14,16                                        | 7,08  | <u>13,4</u><br>13,2             | <u>12,20</u><br>14,06 | <u>117,3</u><br>134,5 | <u>21,10</u><br>23,80 | <u>120,7</u><br>135,7 |
| Даллес               | 14,31                                        | 9,07  | <u>13,1</u><br>13,1             | <u>13,20</u><br>13,12 | <u>125,0</u><br>125,2 | <u>22,90</u><br>22,50 | <u>130,7</u><br>128,0 |
| Бонневиль            | 14,51                                        | 10,71 | <u>13,1</u><br>13,2             | <u>12,70</u><br>13,35 | <u>121,2</u><br>127,8 | <u>21,00</u><br>23,03 | <u>119,5</u><br>131,3 |
| Эстуарий р. Колумбии | 14,87                                        | —     | 12,7                            | 11,38                 | 107,7                 | 20,75                 | 117,3                 |

Примечание: В числителях даны значения относитель к верхнему бьефу, в знаменателе — к нижнему.

В табл. 2 представлены данные о концентрации газов в бьефах гидроузлов в весенне-летний период при холостых сбросах через плотины.

Было установлено, что сразу после прекращения сбросов вода в реке имеет нормальное содержание газов. В докладе предполагается, что перенасыщение потока газами зависит от температуры воды, но установить количественно эту связь не удалось. С другой стороны, подчеркивается, что мероприятия по уменьшению содержания азота в бьефах каскада ГЭС должны быть направлены на уменьшение аэрации потока при пропуске паводка.

Корпусом военных инженеров [Д-40-17] разработана программа работ по уменьшению концентрации азота

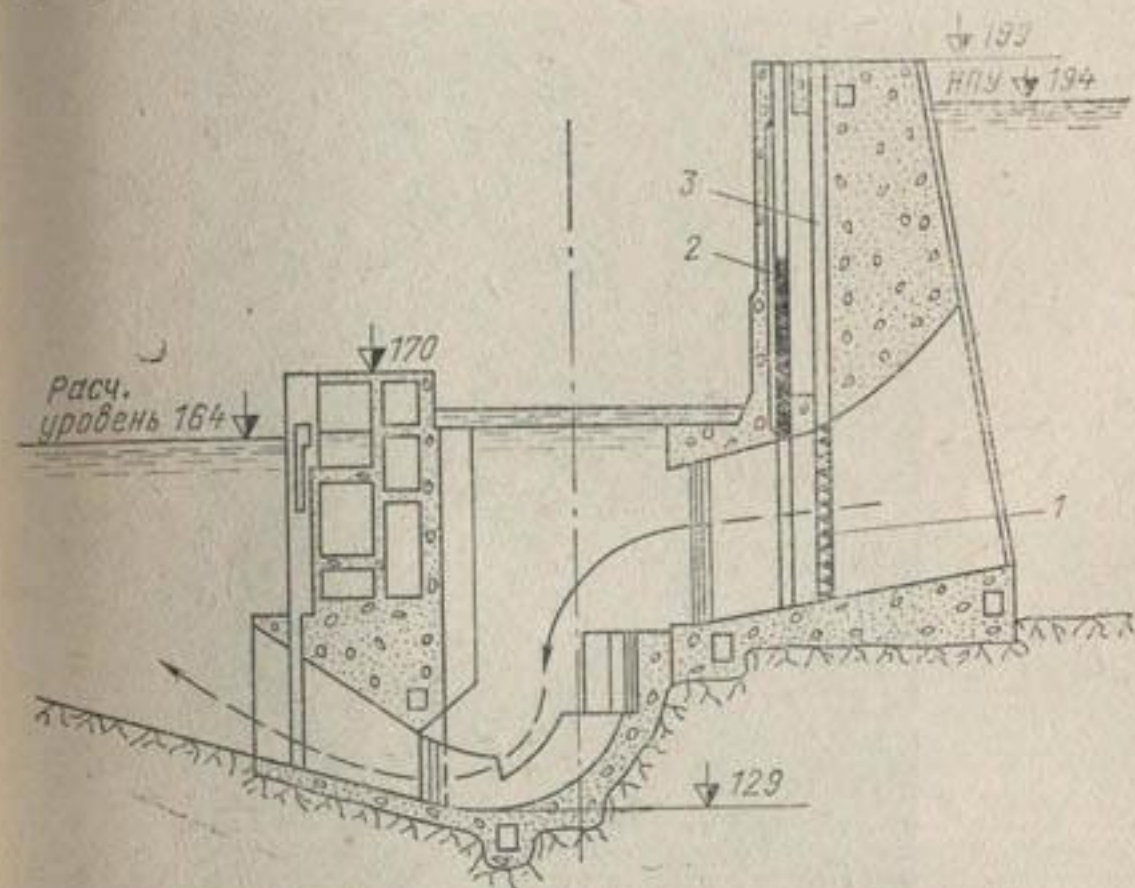


Рис. 7. Разрез здания ГЭС вдоль потока.

1 — густая решетка; 2 — быстродействующий затвор; 3 — паз для решетки.

в бьефах действующих гидроузлов на р. Снейк, по которой предусматриваются следующие мероприятия:

1. В первую очередь уменьшить холостые сбросы паводковых вод через водосливную плотину за счет увеличения расходов воды через здание ГЭС. После лабораторных исследований данное предложение было осуществлено, поскольку на трех ГЭС Айс-Харбор, Лоуер-Монументал и Литтл-Газ сложилась благоприятная обстановка: вместо шести агрегатов работало лишь по три

машины. На каждой упомянутой ГЭС в три агрегатных блока, на которых отсутствовали машины, были установлены специально сконструированные решетки. Они располагались со стороны верхнего бьефа (рис. 7). Решетка высотой 15,8 и шириной 7 м имела массу около 90 т и была рассчитана на перепад уровней 30,5 м. Она имеет 60 прямоугольных отверстий высотой от 10 до 15,2 см и шириной от 0,99 до 1,3 м (рис. 8).

Через проточную часть турбины без агрегатов, но при наличии решетки пропусклся расход 595 м<sup>3</sup>/с, т. е.



Рис. 8. Густая решетка для гашения энергии при холостых сбросах через здание ГЭС.

приблизительно равный расчетному расходу турбины. При этом захвата воздуха (азота) не происходило.

В 1971 г. были проведены натурные испытания головного образца решетки, которые прошли успешно. Перед весенним паводком 1972 г. во всех водоприемниках девяти агрегатных блоков ГЭС на р. Снейк были установлены временные решетки.

Рассмотренное усовершенствование сокращает период холостого сброса через водосливную плотину с 80 до 15 дней ежегодно и сбросной расход водослива с 2830 до 850 м<sup>3</sup>/с. Хотя данное решение оказалось весьма эффективным для решения «азотной проблемы», оно рассматривается как временное.

2. Поскольку теоретически было доказано, что при пропуске расхода меньше 425 м<sup>3</sup>/с на 15,2 м фронта водослива поверхностный режим в нижнем бьефе обеспе-

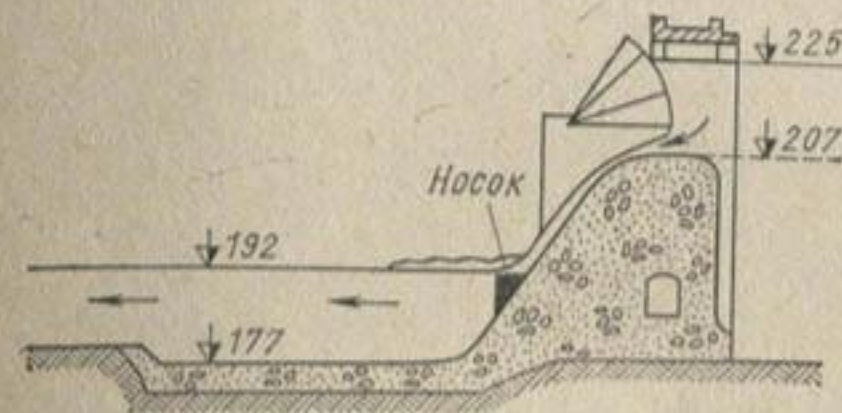


Рис. 9. Профиль водослива, рекомендуемый для плотины Лоуер-Гранит.

чивает меньшую аэрацию потока, было решено создать этот режим сопряжения бьефов, хотя построенные водосливные плотины с водобойными колодцами были запроектированы для реализации донного режима сопряжения бьефов. Для создания необходимого режима сопряжения бьефа потребовалось реконструировать водосливную грань. Форма носка, размещенного на водосливе (рис. 9), была обоснована путем лабораторных исследований.

В 1971 г. были выполнены испытания по пропуску части паводка через ГЭС при максимальных расходах в ущерб энергетическим показателям. Поворотно-лопастные турбины, способные при расходе 566 м<sup>3</sup>/с выдавать мощность 155 МВт, имели мощность лишь 7,5 МВт. Это достигалось за счет того, что напор гасился на решетках, о которых говорилось в п. 1, и за счет неэффективного угла разворота лопастей рабочего колеса.

Целесообразность данного предложения явно не получила экономического подтверждения; оно было опровергнуто для того, чтобы успокоить общественное мнение по поводу гибели рыб.

Водный гиацинт был завезен в Мексику из-за границы в качестве декоративного растения и благодаря способности к быстрому росту и размножению покрыл большие площади озер, водохранилищ, каналов и в меньшей степени рек [Д-47-12]. Размеры водного гиацинта разнообразны, они колеблются от нескольких сантиметров до одного метра. Водные гиацинты представляют собой громадные соединения растений. Их распространение в Мексике главным образом объясняется следующим: способности занимать места, свободные от других водных растений, успешной конкуренцией с другими уже живущими там растениями, довольно мягким климатом страны (тропическим и умеренным), большим содержанием питательных веществ во многих водоемах, отсутствием естественной борьбы в освоенной ими среде.

Исследованиями установлено, что на 1 га может произрастать до 600 т водного гиацинта, ежедневно на дно оседает около 1 т органических веществ в виде ила. За счет транспирации растениями, плавающими по поверхности водоемов, испарения увеличиваются в три раза по сравнению с водной поверхностью, где нет растений.

Для борьбы с водным гиацинтом применяются ручные, механические, химические и биологические способы.

Уничтожение растений вручную применяется в различных частях страны, особенно там, где фермеры по традиции пользуются сухим гиацинтом как органическим веществом для удобрения почвы. Когда зарастание водным гиацинтом стало угрожающим вследствие резкого понижения уровня воды в водоемах, было организовано его уничтожение вручную при оплате 500 песо за гектар. В экономически отсталой стране с большим избытком рабочей силы, какой является Мексика, ручной метод уничтожения гиацинта целесообразен, особенно в тех местах, где зарастание только начинается.

При механическом способе используют неподвижные или плавающие установки для сбора различных видов водных сорняков. Вынутые на берег сорняки просушивают для дальнейшего использования. В водохранилище плотины Мануэл-Авила-Камачо водный гиацинт извлекался на берег, высушивался и превращался в муку для

корма скота. Для обеспечения технологического процесса была сконструирована специальная плавающая установка, которая извлекает сырой материал, а также комплекс машин для его измельчения, высушивания и помола. Исходя из мексиканской практики применения механического способа рекомендуются стационарные машины, установленные на берегу водохранилища.

Добытые из водохранилищ сорняки могут использоваться в качестве удобрения на неплодородных землях, особенно там, где необходимы лесопосадки. Поэтому то, что считается в настоящее время негативным последствием создания водохранилища, в будущем может оцениваться положительно.

Химическая борьба с водным гиацинтом проводилась в прошлом путем применения гербицидов неорганического вида (хлористокислый натрий, треххлористый мышьяк), но их перестали употреблять, так как, несмотря на эффективность, они токсичны и уничтожают планктон и более крупные водные организмы. Начиная с 40-х годов пользуются ограниченными гербицидами (дихлорофеноксиуксусная кислота), их употребляют в различных пропорциях, которые изменяются в зависимости от времени года, температуры, осадков, стадии развития сорняков и способа обрызгивания.

Биологический способ борьбы с водным гиацинтом — сложный процесс, основанный на нарушении природного равновесия. Всекие изменения экологической среды естественных и искусственных водоемов (прямые и косвенные) приводят к нарушению существующего природного равновесия как между видами и окружающей их средой, так и между самими видами.

Прочной связью в природе между двумя различными видами является связь между хищником и его жертвой. Другим видом связи является зависимость животного от его пищи, когда последняя является организмом, лишенным видимого движения, например растением. Таким образом, для восстановления природного равновесия, искусственно нарушенного человеком при создании водохранилища, необходимо дополнительно ввести в питающую часть экосистемы отсутствующие виды, в первую очередь растительноядные организмы. Для биологической борьбы с водными сорняками наиболее благоприятно разведение растительноядных рыб или другого вида организмов.

В Мексике делались попытки биологической борьбы с водным гиацинтом с помощью ламантинов — травоядных водных млекопитающих, сохранившихся в приморских районах на юго-востоке. В начале 60-х годов несколько ламантинов были выпущены в водоемы, но местные жители каждый раз, когда показывалось животное, принимали его за «морское чудовище» и убивали его, так что эксперимент не дал результатов.

Биологическая борьба с помощью травоядного карпа началась с 1960 г. Масса карпа достигает 30 кг при максимальной длине 2 м, родина его — р. Амур. Он размножается в июне — августе. Его оплодотворение происходит только в местах, где есть лотосы, и оно стимулируется сильными паводками, вызванными дождями.

Травоядный карп, способный производить 2 млн. икринок, может съесть растения в количестве, вдвое превышающем его массу, хотя это зависит от температуры воды, в которой он обитает. В мексиканских водоемах самцы достигают половой зрелости на третьем году, а самки на четвертом. Этот вид рыб наиболее эффективен для борьбы с водными сорняками.

В Мексике проблема уничтожения водного гиацинта рассматривается одновременно с проблемой его использования. Первая неудачная попытка изготвить из него органическое вещество относится к 1910 г. В 1935 г. пытались получить из него горючий газ низкой теплотворной способности и использовать пепел для получения химического удобрения. Однако из-за высокой стоимости работ от осуществления этого плана отказались.

Главным предприятием для рационального использования водного гиацинта является его высокая гигроскопичность, которая сильно затрудняет процесс высушивания. Его нельзя использовать в качестве сельскохозяйственного компоста из-за низкого содержания азота, фосфора и калия. Однако в качестве корма для скота он даже предпочтительнее кукурузы. Поскольку в период сухих сезонов в Мексике не хватает пастбищ для скота, то применение водного гиацинта в качестве кормов себя полностью оправдало.

Были проведены исследования двух видов кормов: концентрированного и силосованного. Концентрированный корм представляет смесь измельченного сухого водного гиацинта с тростниковой черной патокой и с вита-

минной и минеральной добавками. Силсование водного гиацинта обеспечивает значительное содержание минеральных солей, больше чем в люцерне.

Технология приготовления муки из водного гиацинта для корма скота состоит из сбора растения, высушивания на воздухе и обезвоживания в специально сконструированной сушилке. Если стоимость приготовления муки из водного гиацинта не будет превышать 800 песо за 1 т, то использование гиацинта будет рентабельным. Из гиацинта и других водных сорняков также можно получить органическое вещество для удобрения, которое с успехом заменяет торф.

## 11. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭВТРОФИКАЦИИ

Вопросы математического моделирования процессов эвтрофикации водохранилищ рассмотрены лишь в [Д-40-40]. В докладе отмечается значение работ английского специалиста Линдемана, качественно обрисовавшего динамический процесс продуктивности озер и водохранилищ (рис. 10).

Трудности создания математических моделей процессов эвтрофикации состоят в сложности биологических взаимосвязей и неустойчивости тех тенденций, которые

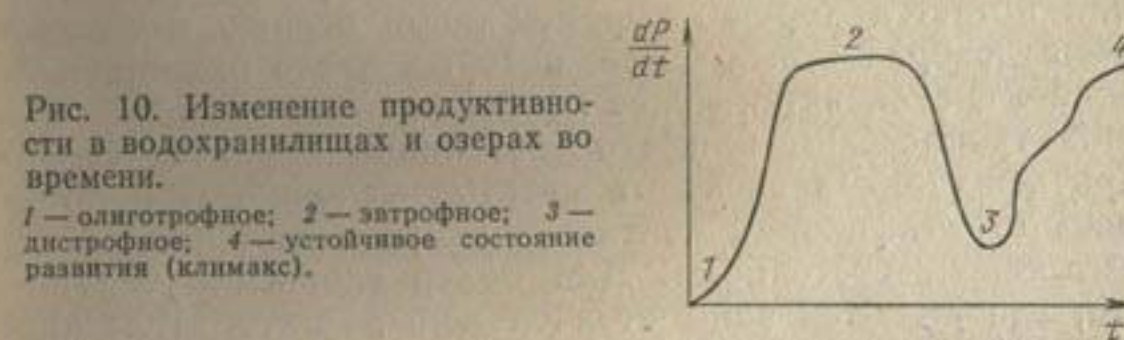


Рис. 10. Изменение продуктивности в водохранилищах и озерах во времени.

1 — олиготрофное; 2 — эвтрофное; 3 — дистрофное; 4 — устойчивое состояние развития (климакс).

обусловлены случайными колебаниями характеристик окружающей среды. Сложность процесса требует упрощений посредством группирования популяций и разделения всего процесса на отдельные этапы. Весь процесс эвтрофикации водохранилищ является процессом увеличения (концентрации) питательных веществ, которые поступают со стоком реки и в значительной степени вместе со сточными водами.

Основная зависимость между концентрацией питательных веществ в водохранилище  $C_R$  и концентрацией

питательных веществ, поступающих со стоком  $C_1$  может быть представлена так:

$$C_R = C_1 + (C_0 - C_t) e^{-R_s t / V_d},$$

где  $C_0$  и  $C_t$  — концентрации питательных веществ, соответственно в начальный момент и момент времени  $t$ ;  $t$  — время;  $V$  — объем водохранилища;  $R_s$  — солнечная радиация.

Эта зависимость предполагает полное смешение воды в водохранилище. Если этого не происходит вследствие температурной стратификации, то два слоя — эпилимнион и гиполимнион — могут рассматриваться как два отдельных водохранилища. В озерах и водохранилищах с глубиной более 30 м солнечная радиация нагревает только верхний слой воды. Этот слой становится менее плотным и остается на поверхности, приводя к тепловой стратификации. Верхний слой называется эпилимнион, а более холодный нижний слой гиполимнион.

В умеренном климате, например в Западной Европе или Северной Америке, температурная стратификация образуется поздней весной и продолжается все лето. Она прекращается ранней осенью по мере того, как уменьшаются перепады температуры и плотности между двумя слоями. Затем происходит перемешивание, и вода остается хорошо перемешанной осенью и зимой, кроме поверхностных слоев, которые после охлаждения ниже  $4^\circ\text{C}$  становятся менее плотными.

В тропическом климате сезонная характеристика стратификации зависит от местных условий. Однако и здесь стратификация считается скорее сезонным, а не постоянным состоянием. Для более сложных условий, там, где имеются зоны стоячей воды, математическая обработка данных более трудна.

В первоначальный момент концентрация питательных веществ в водохранилище  $C_R = C_1$ , и при отсутствии биологической активности это устойчивое равновесие, вероятно, сохранилось бы. Однако в большинстве водохранилищ, где климатические условия не слишком суровые, происходит рост водорослей и потребление солей питательных веществ. В растительных сообществах водохранилища планктонные водоросли являются первичными продуцентами (производителями органических веществ).

Рост водорослей регулируется многими факторами, определяющими из которых являются: а) морфометрия водохранилища, глубина и продолжительность существования водоема; б) концентрация питательных веществ; в) климатические условия (ежегодный цикл солнечной радиации, ветер и т. д.); г) биотические взаимосвязи (характер и степень жизнедеятельности хищников). Благодаря сочетанию этих факторов формируются индивидуальные свойства произрастания водорослей в водохранилище, имеющие суточный, ежегодный и многолетний циклы.

Ниже приводятся математические модели биологических и химических процессов.

1. Процесс фотосинтеза. Если обозначить скорость фотосинтеза  $P$ , солнечную радиацию  $R_s$ , коэффициент скорости фотосинтеза  $K_P$ , то расчетная зависимость может быть представлена уравнением

$$P = K_P R_s \frac{M - R_s / f}{M},$$

где  $M$  — интенсивность света при максимальном процессе фотосинтеза;  $f$  — эмпирический коэффициент.

$R_s$  рекомендуется определять на основе теории вероятностей путем выбора продолжительности дня;  $M$  — с помощью таблиц случайных чисел. При этом следует иметь в виду, что только 47% солнечной радиации, падающей на водохранилище, может быть использовано для фотосинтеза. Дальнейшее уменьшение интенсивности света происходит с увеличением глубины. Степень уменьшения зависит от цвета и мутности воды, максимальная глубина световой зоны составляет 10—15 м. Коэффициент  $K_P$  зависит от видов популяций водорослей в меньшей степени, чем от температуры. Коэффициент скорости фотосинтеза при любой температуре  $K_P(\tau)$  подсчитывается по формуле

$$K_P(\tau) = K_P(20^\circ) \cdot 1,05^{-(20-\tau)}.$$

На начальной стадии существования водохранилища производство водорослей зависит от содержания фосфора и азота, но при высоком содержании (1—2 мг/л фосфора и 14—30 мг/л азота) оно от концентрации не зависит.

2. Дыхательные процессы. Единственной значительной дыхательной активностью является активность во-

дорослей планктона и бактерий бентоса. Скорость дыхания планктона  $E$  связана с потерей первичной продукции и может быть выражена уравнением

$$E = Kchl,$$

где  $chl$  — концентрация хлорофилла;  $K$  — коэффициент дыхательной активности. Скорость  $E$  зависит от температуры.

3. Хищничество. Главными хищниками растительноядных организмов, уничтожающими водоросли планктона, являются мелкие ракообразные. Хотя способности к воспроизводству этих животных значительны, но гораздо ниже, чем у фитопланктона. Они зимуют в виде оплодотворенных яиц, которые производятся в небольших количествах в конце лета, а размножение и рост их начинается весной, позже, чем фитопланктона. Обычно требуется 2—3 года после поселения их в водохранилище, чтобы они достигли динамического равновесия с водорослями.

Активность зоопланктона может быть представлена математически в виде уравнения роста и уравнения «хищничества».

Если температура и содержание хлорофилла в воде выше минимально допустимых значений, то количество зоопланктона  $N$  может быть определено по зависимости

$$N = N_0 e^{\alpha},$$

где  $N_0$  — первоначальное количество зоопланктона;  $\alpha$  — время роста одного поколения, выраженное целым числом.

Уравнение «хищничества»

$$\frac{dchl}{dt} = NK_p,$$

4. Химические процессы. Не останавливаясь на описании всего многообразия химических реакций, имеющих место в водохранилищах, приведем зависимости, рекомендуемые авторами доклада [Д-40-40] для вычисления концентрации питательных веществ в гипolimниионе  $C_n$  и эпилимниионе  $C_v$ .

Значение  $C_n$  в конце летнего сезона определяется в зависимости от первоначальной концентрации  $C_{n0}$

$$C_n = C_{n0} \frac{V_n + \alpha f}{V_v},$$

где  $V_n$  и  $V_v$  — объемы, соответственно нижнего и верхнего слоя;  $\alpha$  — повторный цикл бактерий;  $f$  — коэффициент, зависящий от концентрации кислорода в нижнем слое.

Концентрация питательных веществ  $C_v$  определяется по зависимости

$$C_v = \frac{1}{V_v} (C_n V_n + C_v V_v).$$

Если не происходит температурной стратификации, приведенные зависимости могут быть упрощены за счет рассмотрения только одного слоя. Наступление температурной стратификации в водохранилище зависит от морфометрических и климатических факторов. Разделение водохранилища на два слоя в летний период должно быть основано на данных многолетних наблюдений. При отсутствии их характеристика стратификации может быть определена на основании морфометрических и климатических факторов водохранилища. В зимний период уменьшается рост водорослей; содержание хлорофилла и количество зоопланктона остаются постоянными.

Математическая модель первоначально предназначалась для прогнозов изменений в популяции водорослей и их воздействия на концентрацию растворенного кислорода в водохранилище, которые могут происходить в короткие периоды.

Математическая модель эвтрофикации, описанная в докладе, является весьма неполной. По ней можно получить информацию о кратковременных изменениях в популяции водорослей для вычисления количества растворенного кислорода в водохранилище.

Прогнозирование процесса эвтрофикации водохранилищ на основе математических моделей требует значительно большей исходной информации, чем указанная в [Д-40-40]. Разработки подобного рода должны опираться на мониторинг окружающей природной среды.

На первых этапах экологического прогнозирования в СССР получили широкое распространение линейные балансовые модели<sup>1</sup>. В настоящее время применяются

<sup>1</sup> Всесторонний анализ окружающей природной среды/Под ред. Ю. А. Израэля, т. I—III. — Л.: Гидрометеониздат, 1975—1978; Мониторинг состояния окружающей природной среды/Под ред. Ю. А. Израэля. — Л.: Гидрометеониздат, 1977.

более сложные, которые учитывают динамику биоценозов. В подобных моделях делается попытка учесть такие параметры, как взаимодействие особей со средой обитания, а именно: плодовитость, конкурентоспособность, защита от смертности и др<sup>1</sup>.

Весьма важно продолжить научные исследования в области эколого-математического моделирования водохранилищ и приступить к созданию банка информации по наиболее крупным водоемам комплексного использования.

#### Глава четвертая

### ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ЛАНДШАФТЫ

#### 12. ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В АВСТРИИ

В Австрии [Д-40-53] строительство ГЭС на современном этапе велось на реках, которые еще в средние века подвергались воздействию антропогенного фактора. Целью регулирования стока рек в средние века являлось превращение их в судоходные. В стране имеется четыре крупных водотока — реки Дунай, Инн, Энс и Драва, на которых построены каскады ГЭС (рис. 11).

Дунай пересекает северную часть страны с запада на восток на протяжении около 350 км. На территории Австрии Дунай является судоходной рекой. По берегам Дуная помимо Вены расположены крупные населенные пункты. В прежние времена Дунай делился на многочисленные рукава, охватывающие площадь в несколько километров. Сейчас река течет в узких долинах, где имеются частично заболоченные поймы. На участке реки вблизи гранитного Богемского массива, имеются пороги и водопады. Дунай протекает то в узких, глубоких, поросших лесом долинах, на склонах которых расположено много средневековых построек, то в открытых плоских долинах, где расположены города и поселения. Дальше на восток, около Вены, вдоль реки на протяжении многих километров тянутся виноградники. Участок Дуная на территории Австрии относится к быстро

текущим рекам. Река Инн — самый большой приток Дуная в Австрии, и его воды в значительной степени определяют качество вод Дуная в Австрии. Вытекая из высоких альпийских регионов Швейцарии, она течет на протяжении 180 км, первоначально через пороги, а потом по широкому Баварскому плато. Водная энергия р. Инн используется совместно Австрией и ФРГ на участке от истока в Альпах до впадения в Дунай на протяжении 70 км. В прежние века по реке сплавляли лес и перевозили соль, вдоль ее берегов были построены го-



Рис. 11. Основные водотоки Австрии. Жирной линией выделен участок реки, используемый в энергетических целях.

рода, монастыри и соборы. В последнее время благодаря использованию водной энергии создана химическая, металлургическая промышленность.

Энс — самая большая река, расположенная в центре территории Австрии. Она протекает вначале в западно-восточном направлении по широкой болотистой пойме между центральными Альпами, а после поворота на юго-запад впадает в Дунай. Водная энергия на среднем и нижнем участке р. Энс в настоящее время используется каскадом из 14 гидроэлектростанций. Русло реки извилистое и зажато скалистыми берегами. На некоторых участках река образует каньон. Северный альпийский берег сложен доломитами. На всем протяжении реки ландшафт изменяется: на юге он имеет ярко выраженный альпийский характер, а затем переходит в лесистые субальпийские зоны и широкой с плоскими холмами альпийской береговой полосе, где вдоль реки находится широкая полоса увлажненных зон. На ниж-

<sup>1</sup> Антоновский М. Я. и Семенов С. М. Математические методы экологического прогнозирования. — М.: Знание, 1978.

них участках сельскохозяйственные земли, прерываемые полосами, занятыми лесом, приближаются к реке.

Драва, самая большая южная река Австрии, берет начало в высоких альпийских регионах центральных Альп. Вместе с наиболее важными притоками верхних участков она является альпийским притоком Дуная с изобилием снеговой и ледяной воды летом. На дальнейших участках она течет частично по широким плоским долинам или прорывает террасы или цепи холмов. Большие леса, которые покрывают склоны, а также широкие террасы перемежаются небольшими влажными болотистыми участками и возделанными землями. В прежние времена река использовалась для сплава леса. Участок реки ниже г. Филлах пригоден для строительства гидроэлектростанции. Каскад гидроэлектростанций на территории Австрии еще не закончен на участке протяженностью 110 км. Воды р. Дравы большей частью поступают с центральных Альп. Ее сток в противоположность альпийским рекам колеблется вследствие влияния Адриатического моря.

Особенно страдает от загрязнения промышленными и бытовыми сбросами р. Мур. Благодаря регулированию стока многие участки реки, особенно заболоченные, были полностью восстановлены. Река стала более глубокой, грунтовые воды на прилегающей территории понизились, обширные площади были защищены от паводков, рыбный промысел заменило спортивное рыболовство. Вместо прежнего использования болотистых равнин в качестве пастбищ для скота началось развитие земледелия, лесоводства и промышленности. В настоящее время проблема регулирования стока сводится к проблеме сохранения природы, возникающей вследствие уменьшения уровней, разрушения береговых откосов, а также придания устойчивости вновь построенным каналам.

В прошлом быстро текущие воды рек Инн, Энс и Драва в настоящее время образуют большие, спокойные водные пространства. Человек еще не полностью использовал возможности этого сравнительно нового пейзажа. Поэтому частично этот пейзаж более похож на природный, чем естественные озера. Внимание населения к водным ресурсам повышается, и строительство ГЭС должно сочетаться с улучшением ландшафтов.

Создание новых водных пространств изменило условия частного владения землей, так как доступность во-

дохранилища на всех участках обусловила превращение их в зоны отдыха. На дунайских водохранилищах большой протяженности со спокойно текущими водами получили развитие водно-моторный и водно-лыжный спорт. Массовый туризм сосредоточен у водохранилища на р. Энс. Водоохранилища рек Инн, Энс и Драва используются для парусного спорта. По ширине и чистоте

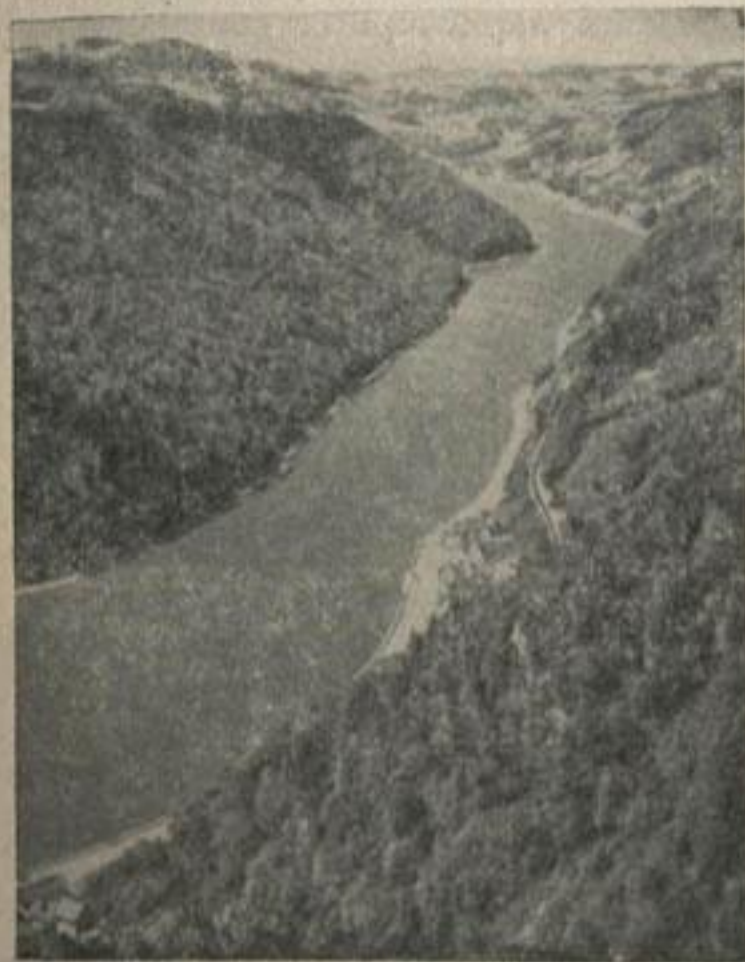


Рис. 12. Водоохранилище на Дунае.

воздуха эти водохранилища (рис. 12) не уступают естественным озерам.

### 13. ВЛИЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ЛЕСНЫЕ МАССИВЫ

В [Д-40-27] приводятся результаты исследований лесных массивов с 1958 по 1968 г. в зонах изменения уровня грунтовых вод в связи со строительством водохранилища Зегрзе на р. Нарове в Польше. Водохрани-

лище было построено в 1962 г. Гидрогеологические исследования, проводившиеся до строительства водохранилища, установили значительную водопроницаемость песчаного подстилающего слоя. После заполнения водохранилища часть лесного массива должна подвергаться затоплению или подтоплению в зависимости от рельефа местности.

Исследования лесного массива проводились на площади, равной 600 га, на которой были выбраны 10 зон, представляющих характерные сообщества растительности. На этих зонах росли сосна, дуб, ольха разных возрастов. Эти зоны представляли собой сухие, влажные, мокрые и болотистые участки.

Исходными данными для исследования являлись основные характеристики природной окружающей среды, а именно: лесонасаждение, растительность травяного слоя, грунтовые воды и атмосферные осадки. Эти характеристики, полученные до заполнения водохранилища, сопоставлялись с данными, полученными после сооружения водохранилища. На основании данных сравнения исследовались экологические процессы во времени и в пространстве.

Максимальное повышение уровня грунтовых вод в лесном массиве произошло через 1266 дней с момента наполнения водохранилища и достигло 88—148 см. Часть лесных участков площадью приблизительно 11 га была затоплена водой, часть площадью около 77 га была подтоплена. Леса подвергались периодическому затоплению глубиной до 4 м. Затопленные леса состояли из дуба, сосны, березы, осины и ольхи. Как показали исследования, условия выживания деревьев изменились, и оно зависело в большей мере от видов пород, чем от глубины затопления. Наиболее стойким видом оказался дуб, а американская ольха погибла в первый вегетационный период вслед за наполнением водохранилища. Отмирание дубов наблюдалось только в третьем вегетационном периоде.

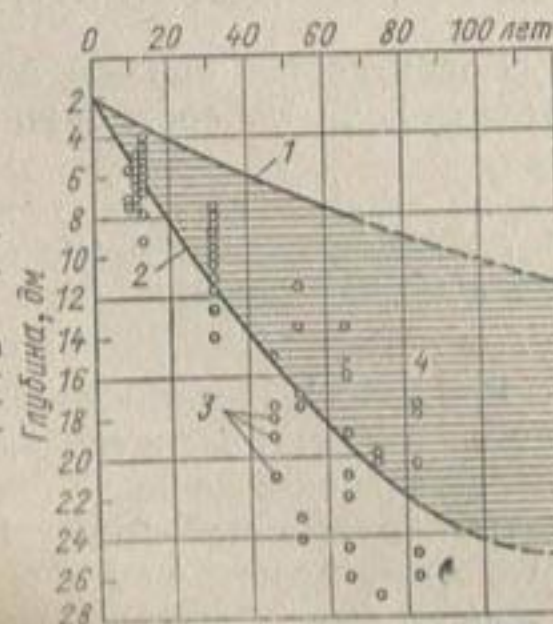
После повышения уровня грунтовых вод затопленными считались такие лесонасаждения, в которых глубина зон аэрации находилась в пределах 0—1,5 м. Как показали контрольные наблюдения, в зоне лесной полосы при глубине зоны аэрации, превышающей 1,5 м, только незначительная часть корневой системы деревьев подвергалась затоплению.

На травяном слое сосновых лесонасаждений появились осока и кустарниковая ива; а в настоящее время наблюдается процесс заболачивания. Прежние участки молодого соснового леса преобразуются в участки березово-соснового леса с торфяным мохом.

Молодой сосновый лес площадью 23,67 га, оказавшийся на участке влажной почвы с глубиной зон аэрации 0,5—1,0 м, приспособился к новым условиям влажности. В травяном слое лесонасаждений появились гид-

Рис. 13. Зависимости характеристик корневой системы от возраста сосен.

1 — минимальная предельная толщина слоя аэрации; 2 — средняя глубина корневой системы; 3 — измеренная глубина корневой системы; 4 — зона заглубления корневой системы.



рофильные растения, характерные для участков болотистого характера. На участках, на которых происходило частичное затопление корневых систем деревьев, вредных изменений в породах лесонасаждений не выявлено, и деревья так приспособились к новым условиям влажности, что происходит прирост объема древесины. Максимальное ежегодное приращение роста 11-летних деревьев наблюдалось при толщине слоя аэрации 35 см. Максимальный средний годовой прирост 31-летней сосны наблюдался при слое аэрации 50 см, а увеличение диаметра ствола на высоте 1,5 м от поверхности — при слое 30 см. Самый высокий годовой прирост высоты соснового 65-летнего леса наблюдался при слое аэрации в 80 см, а увеличение диаметра ствола — при слое 52 см.

Было установлено, что по максимальному приросту деревьев можно определить допустимую толщину слоя аэрации после повышения уровня воды без опасения задержки их роста.

Зависимости средней глубины корневой системы сосны и допустимого уменьшения толщины слоев аэрации от возраста соснового леса показаны на рис. 13.

Для вычисления средней глубины корней дерева  $k$ , дм, и допустимой глубины слоя аэрации почвы после повышения уровня грунтовых вод  $m$ , дм, в зависимости от возраста дерева  $l$  в годах предлагаются зависимости:

$$k = 0,015l^2 + 3,779l + 14,802;$$

$$m = 0,002l^2 + 1,025l + 22,022.$$

Вероятность ошибки при определении  $k$  может составить 23%. Точность вычисления  $m$  4,2%.

#### 14. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БЮРО МЕЛИОРАЦИИ США ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В [Д-40-16] излагается деятельность Бюро мелиорации, осуществляющего национальную политику США по защите окружающей среды. Для максимальной защиты окружающей среды Бюро мелиорации привлекаются специалисты как в главное управление, так и на строительные объекты. Эти специалисты контролируют юридическую и административную деятельность Бюро в данной зоне, а также консультируют персонал Бюро по вопросам, касающимся окружающей среды.

Согласно постановлению конгресса США от 1969 г. по защите окружающей среды на его рассмотрение должны представляться материалы, в которых должны быть кратко охарактеризованы предполагаемые воздействия гидроузла на окружающую среду и мероприятия для уменьшения этого воздействия. Для обсуждения этих материалов привлекаются заинтересованные учреждения, отдельные лица и Бюро мелиорации.

Бюро мелиорации изменило требования к техническим условиям на проведение работ, чтобы обеспечить более надежную проверку работ подрядчика, которые влияют на окружающую среду. В прошлом технические условия включали санитарно-гигиенические нормативы, относящиеся к питьевой воде, сточным водам, отбросам и удалению твердых отходов. В последнее время в технических условиях большее внимание уделяется преду-

преждению загрязнения воздуха и сохранения ландшафта.

Технические условия, касающиеся предупреждения загрязнения воды, требуют, чтобы работы велись методами, предотвращающими попадание или утечку загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные источники. Необходимо устраивать отстойные пруды и осуществлять другие мероприятия, чтобы помешать проникновению чрезвычайно загрязненной воды в водотоки в периоды строительства, особенно от бетонных заводов.

Технические условия, касающиеся уменьшения загрязнения воздуха требуют, чтобы подрядчик не применял оборудование и машины, выделяющие чрезмерное количество выхлопных газов, при изготовлении, укладке и хранении заполнителя для бетона, выгрузке и хранении цемента. Кроме того, необходимы меры по сокращению попадания в атмосферу пыли. Содержание пыли должно поддерживаться на приемлемо низком уровне.

Сжигание удаленной растительности и горючих отработанных материалов необходимо производить только по разрешению соответствующих местных властей. Так, на строительстве плотины Паэбло на р. Арканзас не разрешалось сжигать материалы на строительном участке. Весь не пригодный для продажи лесоматериал диаметром более 18 см необходимо было расщепить и разместить вдоль линии берега, а остальной материал закопать в чаще водохранилища или удалить со строительного участка. Чтобы сохранить ландшафт, верхний слой почвы необходимо снять и в дальнейшем использовать для планировки. Временные дороги после окончания строительства должны быть обработаны так, чтобы на их месте снова появилась растительность. Временный поселок строителей должен быть расположен и содержаться так, чтобы как можно меньше изменять окружающую среду.

Серьезное внимание обращается на содержание откосов водохранилища, поскольку в результате колебания уровня воды при сработке они приобретают неприглядный вид и портят ландшафт. В связи со строительством плотины Оберн была составлена программа исследований по выбору растительного покрова для защиты зоны сработки.

Поскольку водохранилища начинают посещать туристы и экскурсанты (за 1972 г. на сооружениях Бюро мелиорации зарегистрировано 55 млн. посетителей) возмещают пансионаты и дома отдыха, необходимо предусмотреть специальный комплекс мероприятий по рекреационному использованию водохранилищ.

Для правильной застройки вокруг водохранилища используют следующие приемы: первый — приобретение площадей земли, превышающих потребность для основного строительства гидроузла, что дает возможность в нужных размерах развернуть строительство, а также избежать покупки дорогой земли, если в дальнейшем потребуются поднять уровень воды в водохранилище; второй — принятие местными властями законов и постановлений, ограничивающих использование земель.

На строительстве плотины Гранд-Кули было предъявлено жесткое требование — обеспечить горизонтальную планировку береговой бровки. Это требование было выполнено путем отложения вдоль берега водохранилища грунта, вынутого при земляных работах. Такое же использование вынутого грунта осуществлено для водохранилища гидроузла Оберн.

Бюро мелиорации много усилий направляет на улучшение внешнего вида всех сооружений и установок, на сохранение природного ландшафта, восстановление площадей, где повреждение ландшафта неизбежно, и создание гармонии сооружений с окружающей средой.

Полное сочетание гидроузла с окружающей средой может быть достигнуто созданием не только гармонии, но и контрастности с ландшафтом.

## 15. ЭСТЕТИЧЕСКОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПЛОТИН

Участие специалистов по охране природной среды в разработке проектов больших плотин пробудило повышенный интерес ко многим проблемам гидротехнического строительства, включая новую культурно-социальную проблему эстетического восприятия плотин большим числом лиц, посещающих созданные гидроузлы.

Большинство высоких плотин в Швеции [Д-40-50], построенных в последние годы, — земляные или набросные. В предыдущие годы строились бетонные гравита-

ционные и арочные плотины. Прежде считалось, что конструкция плотин сильно ограничивает по экономическим и функциональным требованиям решение задач, относимых к эстетике. Отсутствовали примеры, когда архитекторы накладывали запрет на строительство плотин в конкретном створе, намеченном гидротехниками. В настоящее время зарубежные строительные фирмы включают в проектные группы архитекторов и специалистов по охране окружающей среды уже на ранних стадиях, чтобы эти специалисты способствовали выработке оптимального варианта плотины с точки зрения эстетического восприятия сооружения и его гармонии с окружающей средой.

В течение последних десятилетий общественное мнение во многих странах оказывает большое влияние на принятие решений по осуществлению сооружений плотин. В истории плотиностроения в Швеции можно выделить периоды, когда существовали различные мнения о том, как должна быть организована охрана окружающей среды. В ранний период плотиностроения считали необходимым, чтобы сооружения гармонизировали с пейзажем, земляные плотины и оставшиеся отвалы сливались с окружающей обстановкой.

На следующем этапе, совпавшем с увеличением размера плотин и гидроэлектростанций, считалось неправильным «скрывать» сооружения, и поэтому стремились выделить их из природной среды в качестве технических достижений, одновременно придавая им оригинальную форму и отгораживая от близлежащей растительности.

В настоящее время, когда общественное мнение приковано к проблемам охраны окружающей среды, наметилась тенденция возводить большие плотины с минимальными нарушениями растительности и ландшафта в створе гидроузла. Если в начале строительства плотины снимается плодородный слой, вырубается лес, то на конечной стадии строительных работ следует восстановить растительность, произвести планировку откосов и засыпку плодородным слоем грунта, насаждение деревьев и кустарников, посев трав и т. д. Многие шведские ГЭС и водохранилища расположены в субарктической зоне у полярного круга. Обитание растений и животных в этой зоне было бы очень трудным, если бы не теплые западные ветры, создаваемые течением Гольфстрим. В северной части Швеции для восстановления растительности в

зоне возведенных гидросооружений требуется от 10 до 25 лет. При правильной агротехнике и распространении новых видов растительности можно добиться сокращения этого срока до 5—10 лет, т. е. срока, характерного для южных частей страны.

Если ГЭС расположена в заселенной и легко доступной зоне, то необходимо ускорить залечивание «ран», нанесенных окружающей природе, а также, если это возможно, создать новые элементы в окружающей среде, чтобы компенсировать потерю либо водопада и порожистого участка реки, благоприятного для рыболовства, либо системы озер. С другой стороны, в случае строительства гидроузла в отдаленной местности, куда доступ людей будет ограничен, достаточно навести порядок на бывшей строительной площадке, спланировать склоны, а затем не вмешиваться, рассчитывая на самовосстановление растительного покрова с течением времени.

Лица, ответственные за охрану природы в Швеции, придерживаются мнения, что даже если отвал или место производства земляных работ годами не будут посещаться публикой, испорченный пейзаж должен быть как можно скорее озеленен путем посева трав и посадки деревьев.

Этот вопрос, который может представлять большой экономический интерес, все еще обсуждается. В результате обсуждения различных мнений был предложен сравнительно недорогой метод для ускорения процесса самозалечивания природы. Современная сильная безработица также способствует обоснованию комплексных природовосстановительных работ после завершения гидротехнического строительства.

Возможно, будущее оптимальное решение вопроса заключается в том, что поврежденные в ходе строительства зоны будут приведены в порядок и выровнены так, чтобы облегчить самозалечивание территории, а мероприятия по восстановлению растительности будут проводиться позже, когда для этого будут благоприятные обстоятельства.

Основанием для доклада [Д-40-52] явилось, как отмечает автор проф. Кастро, известное равнодушие к вопросам художественной ценности больших инженерных сооружений. В особенности это относится к плотинам. В художественном отношении их форма и структура являются образцами величественных монументальных со-

оружений, с которыми не могут сравниться другие технические достижения. Такое отношение объясняется прежде всего расположением плотин и их особым функциональным характером. Плотины никогда или почти никогда не строятся в городской черте (как, например, мосты), и поэтому не находятся на виду. Кроме того, вследствие своего особого функционального характера плотины, образно говоря, не контактируют с широкими массами людей, как, например, шоссе и дороги. Общественное равнодушие к эстетике плотин объясняется также тем, что сами инженеры не заботятся о художественной стороне своих конструкций.

В последние годы некоторые крупные инженеры-гидротехники при проектировании больше внимания уделяют вопросам эстетического восприятия плотин. Это подтверждается увеличивающимся числом публикаций на указанную тему, которая связана с проблемой загрязнения окружающей среды, в том числе с последствиями гидротехнического строительства. Плотины из всех сооружений сельской местности наиболее выразительны. Формы их структур почти всегда красивы и привлекательны на вид. Гравитационные плотины отличаются чистыми прямыми линиями, арочно-гравитационные и арочные — гармонией изгибов. Если удастся построить плотину в полной гармонии с окружающей природой, то образуется своеобразный ансамбль, который, с одной стороны, придает новую ценность красоте естественного пейзажа, а с другой — по эстетическому восприятию не уступает произведению искусства. Конечно, инженерное сооружение имеет функциональную цель, и все, что не служит в полной мере этой цели, отвергается, считается мешающим ее осуществлению. С экономической точки зрения необходимо избегать всего, что бесполезно, но в то же время необходимо сочетать функциональное назначение плотин с требованиями охраны окружающей среды, под которыми следует понимать и эстетическое восприятие сооружений населением.

Хорошо запроектированное сооружение создает впечатление простоты и уверенности в его надежности. Сооружение, которое выглядит ненадежным, искусственным производит неприятное впечатление.

Красота сооружения зависит от используемого материала, поэтому инженер-гидротехник обязан хорошо знать такие материалы, как бетон, железобетон, сталь

и другие, с помощью которых можно получить точные по размерам конструкции с прекрасной поверхностью. Материалы должны быть так плотно пригнаны, чтобы образовать согласованное единое целое. Важно, чтобы при включении в окружающую обстановку не выделялось ни само сооружение, ни то, для чего оно предназначено. При этом не должен нарушаться окружающий ансамбль, и сооружение не должно с ним дисгармонизировать. Сооружение должно создавать впечатление, что оно всегда здесь находилось и что это самое подходящее для него место.

В СССР к архитектурному облику плотин и их эстетическому восприятию предъявляются высокие требования. Пропорции и масштаб плотин, цвет, свет, ритм, фактура поверхности, все другие решения, подчиненные цельному композиционному замыслу, способствуют эмоциональному восприятию сооружений.

К лучшим образцам советской и мировой архитектуры принадлежит ДнепрогЭС имени В. И. Ленина. Этот гидроузел, построенный в 30-е годы, сейчас приобрел новый облик, так как у левого берега возведено здание ДнепрогЭС-II.

Всемирной известностью пользуются многие выдающиеся архитектурные сооружения отечественного плотностроения. Среди плотин, являющихся композиционными центрами урбанизированных ландшафтов, выделяются плотины Днепровской, Саратовской и Волжской ГЭС имени XXII съезда КПСС.

Превосходно вписываются в природные ландшафты бетонные плотины Красноярской и Саяно-Шушенской ГЭС на р. Енисее, Братской и Усть-Илимской ГЭС на р. Ангаре, Зейской и Мамаканской ГЭС. Высокую оценку эстетического восприятия заслуженно получила арочная плотина Чиркейской ГЭС на р. Сулак.

Плотины из грунтовых материалов Нурекской и Мингечаурской ГЭС воспринимаются в настоящее время как неотъемлемая часть ландшафта.

Плотины, здания ГЭС, шлюзы, рыбоходы — все сооружения гидроузла должны восприниматься как единый композиционный замысел и наиболее полно отвечать эстетической выразительности в гармоничном сочетании с природными ландшафтами.

Основные принципы создания архитектурных обликов отечественных гидроузлов и береговой полосы водохрани-

лиш формировались при тесном взаимодействии гидро-техников и архитекторов. Ведущая роль в этом вопросе принадлежит институту Гидропроект имени С. Я. Жука.

Отмечая успехи архитектурных решений, нельзя не обратить внимания на все еще недостаточную заботу гидростроителей о судьбе природного ландшафта. Строителями допускается необоснованное и в больших масштабах нарушение ландшафта в расчете на последующее «залечивание» природы. Подобные недостатки необходимо решительно устранять, особенно в районах севера, вечной мерзлоты, высокогорья, где нарушенная почва становится «незаживающей раной» местного ландшафта.

## Глава пятая

### ВЛИЯНИЕ ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВА НА ИНФРАСТРУКТУРУ РЕГИОНОВ И УСЛОВИЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

#### 16. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА Р. ТЕННЕССИ

В 30-е годы конгресс США создал при федеральном правительстве региональную организацию по развитию водного, энергетического и сельского хозяйства р. Теннесси ТВА. Организация ТВА объединила разрозненные усилия отдельных учреждений и фирм по комплексному использованию и охране природных ресурсов бассейна р. Теннесси, охватывающего семь юго-восточных штатов: Виргинию, Северную Каролину, Джорджию, Теннесси, Алабаму, Миссисипи и Кентукки.

О реализации программы по охране природных ресурсов бассейна р. Теннесси сообщается в [Д-40-15], который представил директор управления водными ресурсами ТВА Р. А. Эллиот.

Водосборная площадь р. Теннесси составляет 106 тыс. км<sup>2</sup>. Из 10,5 млн. га водосборной площади 2,1 млн. га занимают леса; около 4 млн. га — поля, из которых больше половины заняты пастбищами; 280 тыс. га покрыты водой. Горы и зеленые леса преобладают в восточной части, холмистые возвышенности, поля и леса — в западной. Выпадение осадков в этом ре-

гионе составляет 1 320 мм, в средний год, а в некоторых горных местностях доходят до 2030 мм. Больше половины осадков выпадает в период от декабря до середины апреля. Март обычно является самым дождливым месяцем, хотя в некоторых местностях и в середине лета также бывает большое количество осадков.

Земледелие было главным занятием жителей долины р. Теннесси. В основном возделывали кукурузу, хлопок и табак. Эти культуры оставляли верхний слой почвы незащищенным от сильных дождей, выпадающих зимой на покрытую снегом землю, и миллионы тонн почвы смывались в р. Теннесси ежегодно. Ил загрязнял реки, глубокие овраги покрыли поля, верхний слой почвы исчез, земля истощилась. Следы эрозии почвы были и в лесистых местностях.

Теннесси — пятая по расходу воды река в США — являлась для региона бедствием.

В настоящее время на р. Теннесси и ее притоках возведены 33 гидроузла (рис. 14): 23 построены ТВА, 4 приобретены ТВА, 6 принадлежат алюминиевой компании, но работают в региональной системе. Типичная компоновка сооружений гидроузла приведена на рис. 15.

Средний годовой расход в устье р. Теннесси составляет  $1800 \text{ м}^3/\text{с}$ , среднемесячный зарегулированный расход равен  $566 \text{ м}^3/\text{с}$ , т. е. в 4 раза превышает минимальный расход до создания системы.

Основными задачами водной системы являются обеспечение судоходства, регулирование паводков, использование гидроэнергии. Помимо основных задач преследуются и другие цели: борьба с москитами и водными растениями, создание зон отдыха, поддержание запасов рыбы и диких животных, удовлетворение бытовых и промышленных потребностей в воде, очищение береговых линий и прибрежное строительство.

Ежегодный циклический характер стока в бассейне реки определяет работу системы водохранилищ, которые аккумулируют  $14,8 \text{ км}^3$  воды в начале каждого года для регулирования паводков.

На основных притоках реки водохранилища обеспечивают сезонное регулирование стока. Гидроузел Норрис имеет водохранилище, созданное плотиной высотой 81 м, объемом  $3,2 \text{ км}^3$  и площадью 162 тыс. га. Береговая линия равна 1300 км. Другие водохранилища основных притоков: Чероки на р. Холсток, Дуглас на

р. Вренч-Брод, Фонтана на р. Литл-Теннесси и узел Хивасси на притоке того же названия. Водохранилище Фонтана создано самой высокой плотиной (около 146 м). Суммарный объем водохранилищ притоков реки составляет  $9,26 \text{ км}^3$ , а их общая площадь равняется 74,5 тыс. га. ТВА оказала помощь в переселении около 15 тыс. се-

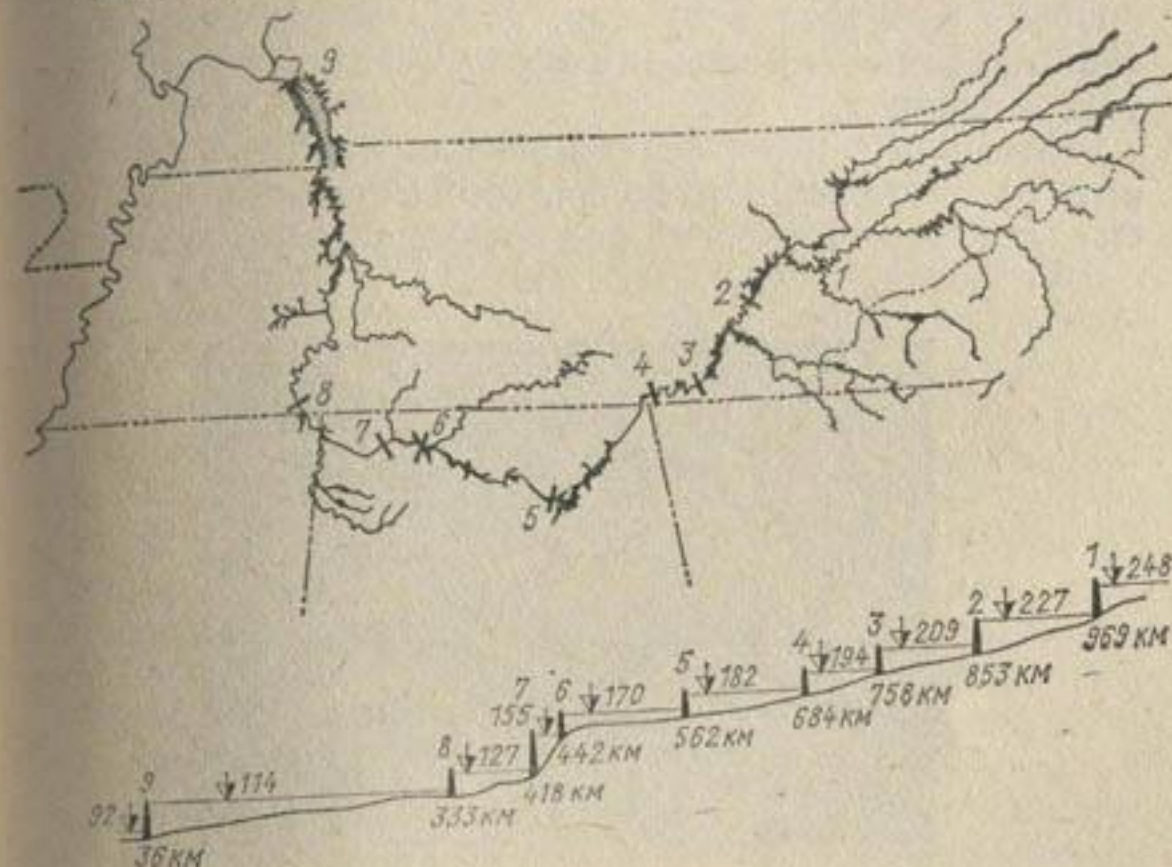


Рис. 14. Гидроузлы на р. Теннесси.

1 — Форт-Лоудон; 2 — Уотс-Бар; 3 — Чиккамауга; 4 — Никаяк; 5 — Гунтерсвилл; 6 — Уилер; 7 — Вилсон; 8 — Пиквик; 9 — Кентукки.

мей, живущих в зонах затопления. Так как на затопляемых землях проживало сельское население, то большинство семей были переселены на соседние фермы. Только около 30% переселяемых семей выехали из округов, где они раньше проживали, и только 5% выехали из штата.

В [Д-40-15] подчеркивается, что несмотря на изменения в окружающей среде и неправильное использование стока, можно с уверенностью утверждать, что система плотин и водохранилищ ТВА возродила большой регион.

Регулирование паводков предотвратило убытки, которые составляли бы сотни миллионов долларов и избавило людей от угрозы многочисленных наводнений. Только

за 1971 г. доход, полученный от регулирования паводков на нижнем участке рек Огайо и Миссисипи, превысил 392 млн. дол. и дополнительно 150 млн. дол. получено от 2,43 млн. га плодородной земли вдоль этих рек. При этом ассигнования составили 281 млн. дол.: около 190 млн. дол. были вложены в сооружения для регулирования паводков и 91 млн. дол. — на эксплуатацию с 1936 г., когда был введен в эксплуатацию первый гидроузел — Норрис.

Площадь земель, полностью или частично защищенных от затопления в долине р. Теннесси и вдоль рек Огайо и Миссисипи, в 15 раз превышает суммарную пло-



Рис. 15. Общий вид гидроузла Уотс-Бар.

щадь водохранилищ, которые используются для регулирования паводков. Большую часть площадей, затопленных водохранилищами, представляли холмистые возвышенности, имеющие низкую стоимость, и вырубленные лесные участки, в то время как защищенные площади — чрезвычайно ценные городские и промышленные зоны. Площади, отведенные под водохранилища, дают в настоящее время больше дохода, чем при их первоначальном использовании.

Создание водохранилищ изменило коренным образом характер прибрежной зоны, где образовалось больше мест для жилищного и промышленного строительства.

Грузовые водные перевозки возрасли от 1 до 27 млн. т в год и продолжают возрастать, что свидетель-

ствует и об улучшении судоходных условий. Грузоотправители, которые использовали фарватер р. Теннесси в 1970 г., сэкономили 54,1 млн. дол. по сравнению с другим дешевым видом перевозок. С 1933 г. по настоящее время за счет улучшения фарватера реки получен чистый доход 547,7 млн. дол., что почти вдвое превышает ассигнования на эти цели.

Каскад гидроузлов создал на всем протяжении водной системы условия, способствующие рассредоточению промышленных предприятий. Наличие водохранилищ позволило возводить новые промышленные предприятия на всем протяжении реки, что в свою очередь уменьшило их концентрацию в городах. Выбор мест для промышленных предприятий производился с учетом возможности их обслуживания не только водным, но и автомобильным и железнодорожным транспортом. Водный путь стал конкурирующим видом транспорта в регионе, удаленном от моря, который до создания судоходной системы зависел от шоссейных и железных дорог. Освоение долины р. Теннесси важно как для региона, так и для всей страны, поскольку благодаря возможности получения работы, жителям нет необходимости переезжать в города за пределы долины. В связи с тем что промышленные предприятия строились около маленьких городов, а в некоторых случаях в сельских местностях, для жителей имелась возможность получить работу поблизости.

Основным фактором экономического роста долины р. Теннесси было наличие богатых запасов водных ресурсов и, несмотря на то что потребность региона в электроэнергии уже давно превысила выработку энергии на гидроэлектростанциях р. Теннесси, гидроэнергия по-прежнему остается важной составляющей регионального снабжения энергией. Выработка гидроэнергии составляет в среднем немного больше 17 млрд. кВт·ч, мощность системы ТВА равна почти 20 млн. кВт (в 25 раз больше, чем во время создания), около 4 млн. кВт вырабатывают ГЭС и 16 млн. кВт ТЭС.

Водоохранилища системы являются основными зонами отдыха в долине р. Теннесси. Эти водохранилища, имеющие протяженность береговой линии 17 700 км и занимающие площадь, равную 250 тыс. га, являются наиболее популярными зонами отдыха в США. За последние 25 лет посещение водохранилищ увеличилось почти

в 7 раз. Сотни парков, лодочных пристаней и разнообразных устройств для отдыха были сооружены на берегах водохранилищ государственными и местными организациями и частными лицами совместно с ТВА.

С 1963 г. начато создание национального парка отдыха и охраны окружающей среды в западной части штатов Кентукки и Теннесси на площади 69 тыс. га. Эта зона займет лесную полосу длиной 64 км, ограниченную с трех сторон водохранилищами: двумя самыми большими водохранилищами Кентукки на р. Теннесси и водохранилищем Барклей на р. Камберланд. Береговая линия водохранилища составляет 480 км.

Поскольку считалось, что искусственные водоемы дают мало рыбы и обеспечивают обильные уловы в течение короткого времени, а затем становятся «биологическими пустынями», были сооружены рыбопитомники и пруды для разведения молоди и снабжения ею водохранилищ, так как предполагалось, что ее получение невозможно в искусственных водохранилищах. Однако это предположение оказалось ошибочным и от рыбопитомников отказались. После того как реки превратились в каскад озер, производящих большое количество пищи для рыб, популяция рыб увеличилась почти в 50 раз. В настоящее время любительский промысел ежегодно дает от 6,3 до 9,1 млн. кг окуня и других рыб, а промышленный улов достигает 3500 т рыбы, такой как зубатка, рыба-буйвол и карп. Проводится программа дальнейшего улучшения рыбного промысла.

Водоохранилища создают благоприятные условия для водоплавающих птиц. ТВА предоставила различным организациям 77 тыс. га прибрежной зоны для мест обитания птиц. Популяция зимующих уток и гусей в долине р. Теннесси достигла 400 тыс. в год, и делаются попытки добиться круглогодичного обитания птиц в этих местах.

Площади пастбищ увеличились по сравнению с 1933 г. на 600 тыс. га. Общая площадь, занятая под сельскохозяйственное производство в долине, в настоящее время в несколько раз больше, чем в 30-х годах, и ведется дальнейшее ее освоение.

На 400 тыс. га пустующих земель были произведены лесонасаждения, что увеличило количество полезного лесоматериала и обеспечило занятость значительной части населения.

Одной из первых экологических проблем, с которой пришлось столкнуться ТВА, была малярия, которой болела треть населения, живущего около болотистых зон вдоль реки. Поскольку некоторые водохранилища создавали новые места обитания комаров, были приняты меры по борьбе с малярийными комарами, и с 1948 г. не было случаев заболевания малярией в долине р. Теннесси. Наиболее эффективным способом борьбы с комарами является колебание уровня воды. В весенне-летний период еженедельно благодаря сработке уровней восьми основных водохранилищ, расположенных выше водохранилища Кентукки на 0,3 м, личинки комаров выбрасываются на берег и уничтожаются. Помимо колебания уровня воды содержание в исправности дренажа, регулирование роста растений и уничтожение личинок также являются мерами борьбы с малярийными комарами.

В последние годы регулирование расходов в водохранилищах использовалось как способ борьбы с водными сорными растениями. Наиболее неприятным сорняком в водохранилищах является евразийская колосистая уруть, которая была обнаружена в системе Теннесси в 1960 г. Это растение может быстро распространяться, образуя плотные заросли на водной поверхности. Большие скопления растения угрожали здоровью населения, приводили к несчастным случаям при прогулках на лодках и плавании, затрудняли рыболовство, лыжный и другие виды водного спорта и угрожали водозаборным сооружениям. Были предложены два метода борьбы с сорняком: обезвоживание растений и применение гербицида. Обезвоживание зарослей растений на протяжении хорошо дренированной береговой линии водохранилища является наиболее эффективным способом борьбы. Там, где понижение уровня воды в водохранилищах невозможно, прибегают к обработке гербицидами. Распыление гербицида производится с вертолета.

#### 17. ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ИНФРАСТРУКТУРУ В ФРГ

Данные о влиянии гидроэнергетических объектов, главным образом водохранилищ, на инфраструктуру густонаселенных районов в ФРГ приводятся в [Д-40-8] и [Д-40-20].

Густонаселенный промышленный район Рур удовлетворяет свою потребность в воде в основном за счет грунтовых вод бассейна р. Рур. Однако уже в начале века было установлено, что естественное накопление грунтовой воды не удовлетворяло возрастающих потребностей. Поэтому пополнение грунтовых вод речной водой посред-

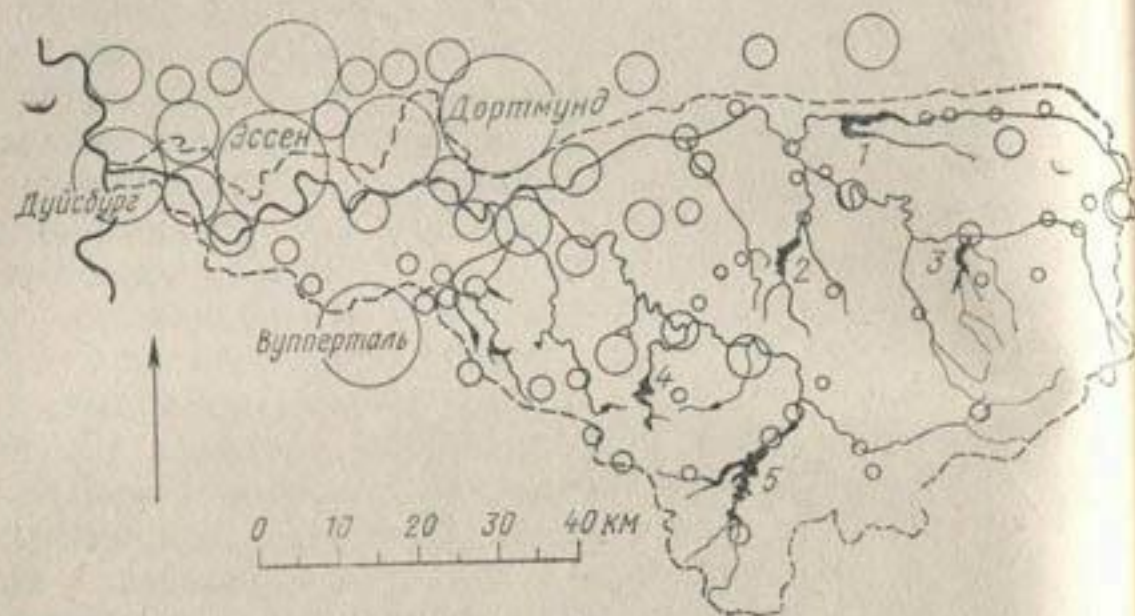


Рис. 16. Размещение плотин в Руре.

1 — Мёхне; 2 — Сопре; 3 — Хенне; 4 — Версе; 5 — Бигге; — — — — граница района Рура.

ством резервуаров с фильтрующим дном осуществляется насосами. Однако такой способ накопления воды требует, чтобы всегда было достаточное количество воды в реке. Естественный расход р. Рур не обеспечивает водоснабжение в периоды межени, поэтому необходимо создание водохранилищ.

В ведении Рурской ассоциации водохранилищ, на которую возложена эта задача, находится 14 водохранилищ. Их достаточно для водоснабжения развивающейся промышленности.

На рис. 16 показана водосборная площадь р. Рур. Небольшие водохранилища, построенные на рубеже двух столетий обеспечивают лишь местные потребности юго-западной части района. Водохранилища, сооруженные позже, позволяют регулировать расход р. Рур и удовлетворять потребности в питьевой и технической воде.

Создание водохранилищ в Руре оказывает значительное влияние на людей, проживающих здесь, и на окружающую среду.

В [Д-40-8] на примере водохранилища Бигге, которое возводилось в 1956—1965 гг. рассмотрены последствия, вызываемые переселением населения и эвакуацией промышленных предприятий, расположенных в бассейне водохранилища, а также воздействия на экономическую структуру зоны водохранилища.

Водохранилище образует подпор р. Бигге на протяжении около 15,5 км. Предварительные исследования по выбору створа плотины показали, что может быть использована только часть долины между городами Олпе и Аттендорн. Полный или частичный перенос городов Олпе с 22 300 жителей или Аттендорна с 23 000 жителей был невозможен по социально-экономическим причинам. Эти ограничения имели решающее значение для установления размера водохранилища.

Водохранилище Бигге имеет объем 150 млн. м<sup>3</sup> и является самым большим в районе Рура. До создания водохранилища в долине р. Бигге проживало 2555 чел. Как и предполагалось, переселение внесло серьезные изменения в социально-бытовые условия жителей. Кроме компенсации за домовладения и другую собственность переселение выдвинуло трудную задачу поддержать и насколько возможно восстановить взаимоотношения людей, существовавшие перед переселением. Пожелания отдельных семей были неожиданными: 63% хотели получить в собственность дома, 9% — получить в полную или частичную собственность фермы, 27% — арендовать квартиры, 1% — получить компенсацию.

Рурская ассоциация водохранилищ, которой принадлежит водохранилище, посчиталась с этими желаниями. Были построены три поселка с современной городской планировкой и современной архитектурой.

Согласно законам ФРГ постройка новых деревень входила в обязанности городской администрации. Но владелец водохранилища предоставлял необходимый участок, строил дороги и гидроэлектростанцию, очистные сооружения, а также общественные здания, такие как школы и т. д.

Только в нескольких исключительных случаях владелец водохранилища был вынужден воспользоваться своим правом отчуждать собственность за компенсацию. В основном переселяемое население понимало эту необходимость и соглашалось. Переселение должно было закончиться заранее, чтобы не задержать работы по соору-

жению водохранилища и начало его работы. Одной из проблем было сохранение структуры соответствующих муниципалитетов и организация переселения новых предприятий так, чтобы это не нанесло ущерба существующим застроенным площадям.

При создании водохранилища Бигге чаша будущего водохранилища была очищена, все здания снесены, деревья и кустарники вырваны с корнями. Это необходимо для уничтожения возможных источников загрязнения и очистки берегов в зоне колебания уровня воды. Все откосы были покрыты естественной почвой и сразу засажены деревьями и кустарниками тех видов, которые типичны для ландшафта. Кроме того, длинный гребень и откосы плотины были также засажены растительностью, аналогичной растущей по склонам долины.

Эвакуация населения и промышленных предприятий на первый взгляд представляла отрицательное последствие создания водохранилища. Однако использование водохранилища в рекреационных целях имело положительное влияние на экономику всей зоны. Ассоциация водохранилищ Рура в качестве владельца строящегося водохранилища приобрела значительную часть прибрежной зоны. Склоны долины р. Бигге были объявлены ландшафтным заповедником. Это гарантировало сохранение прежнего использования территории под сельскохозяйственные работы и невозможность заселения местности без специального разрешения. Таким образом не допускается, чтобы зона вокруг водохранилища заселялась без определенного плана.

Сооружение и эксплуатация зон отдыха и спорта ведутся на общественные ассигнования. Организовано движение пассажирских пароходов, построены лодочные причалы. Пансионаты, отели построены частными лицами в соседних деревнях (рис. 17).

После наполнения водохранилища Бигге туристические поездки в этот район значительно увеличились по сравнению с другими районами страны. Семилетний опыт эксплуатации водохранилища Бигге показывает, что помимо основной задачи — водоснабжения, водохранилище выполняет также функцию популярной зоны отдыха и спорта для жителей крупных городов.

Кроме того, создание водохранилищ значительно улучшило экономическое положение эвакуированного населения.



Рис. 17. Примеры зон рекреации в районе Рура.

Число посещающих базы отдыха и спорта на берегах озера за последние 2 года утроилось. Однако для принятия такого количества отдыхающих необходимо расширение баз отдыха, что вызовет увеличение сточных вод. Но несмотря на дорогие мероприятия по обработке сточных вод, возрастает эвтрофикация водохранилища. Пример водохранилища Бигге показывает, что возможно компенсировать отрицательные воздействия положительными.

В [Д-40-20] говорится о проектировании ГАЭС мощностью 1400 МВт вблизи г. Бремена на р. Мозель при токе Рейна. Здесь будет построено искусственное водохранилище площадью 6,2 км<sup>2</sup>. По мнению автора доклада, для прогнозирования недостаточно общих положений, хотя бы и очень убедительных, а необходимо экстраполировать хорошо обоснованные исходные данные. Однако сомнительно, может ли экстраполяция современных данных послужить основой для рассмотрения будущих социально-экономических проблем, так как нельзя учесть два основных аспекта. Во-первых, невозможно учесть будущее развитие техники, а во-вторых, невозможно предугадать изменения во взглядах и образе жизни людей исходя из современной стадии развития.

При оценке влияния водохранилища на окружающую среду в качестве аналога водохранилища у г. Бремена было принято водохранилище Бигге. В этой связи интересно заметить, что перед началом строительства водохранилища Бигге официально указывалось на сильнейший вред, который будет причинен населению в результате сооружения плотины. Большую часть береговой линии нельзя использовать для отдыха и спорта. Кроме того, климатические условия не благоприятствуют развитию туризма.

Несмотря на это, плотина была построена и водохранилище наполнено в 1965 г. Очень быстро водохранилище стало центром туризма в районе Сауерланд. По общему признанию не было возможности достаточно правильно предсказать развитие туризма перед строительством. Кроме того, совершенно не придали значения тому факту, что к новому водоему, усилившему привлекательность пейзажа, можно без труда попасть из густонаселенных центров Рура. Население, постоянно живущее в радиусе 50 км, составляет 2,2 млн. чел., а в радиу-

се 100 км — 13 млн. Поверхность водного зеркала достигает до 40 км<sup>2</sup>.

Население, живущее в радиусе 50 км от нового гидроузла у г. Бремена, составляет 1 млн, а в радиусе 100 км — 9 млн. чел. Поверхность воды, имеющаяся в их распоряжении, до настоящего времени составляла 16 км<sup>2</sup>. Эта цифра увеличится до 22 км<sup>2</sup> в связи с новым проектом, т. е. поверхность воды, приходящаяся на одного жителя в зоне водохранилища Бигге, составляет 1,5 м<sup>2</sup>. После сооружения водохранилища у г. Бремена поверхность воды, приходящаяся на 1 чел., также возрастает с 1,8 до 2,5 м<sup>2</sup>. Для жителей таких мест, где вода имеется в изобилии, такая дополнительная водная площадь кажется незначительной, но даже маленькие водные пространства могут быть привлекательны для населения во время отдыха в местах, где воды мало.

В настоящее время туризм можно рассматривать как «отрасль промышленности» с необыкновенными темпами роста. Ожидаемую интенсивность развития туризма после окончания сооружения гидроузла можно установить, исходя из данных развития региона водохранилища Бигге. Число жилых помещений для туристов за 5-летний период после создания водохранилища увеличилось на 50%, тогда как по ФРГ в целом за этот же период оно увеличилось только на 14%. Деревни, расположенные вокруг водохранилища, которые раньше зависели от сельскохозяйственного производства, приспособились к обслуживанию туристов.

На основе анализа развития региона водохранилища Бигге за первые 5 лет можно предсказать, что для нового гидроузла будет полезно проведение следующих мероприятий:

- 1) приобретение около 1000 домов для туристов вблизи водохранилища;
- 2) приобретение территории для трех центров рекреации общей площадью, рассчитанной на размещение 300 автоприцепов и 200 палаток;
- 3) сооружение двух плавательных бассейнов, рассчитанных на одновременное купание 6000 пловцов. Купание в самом водохранилище будет запрещено, так как вода будет поступать из еще сильно загрязненной р. Мозель;
- 4) приобретение оборудования приблизительно для 500 парусных лодок;

5) создание общедоступной линии для моторных лодок с пропускной способностью около 100 тыс. пассажиров в год.

Приведенные данные указывают, что создание водохранилища в свою очередь послужит стимулирующим фактором для улучшения транспортного обеспечения.

Вопросы о последствиях воздействия гидросооружений на окружающую среду должны обсуждаться наряду с другими вопросами, необходимыми для обоснования всего проекта. И проектировщик гидротехнических сооружений, который раньше считал, что это не входит в его компетенцию, теперь тщательно занимается этими вопросами.

#### 18. ВЛИЯНИЕ ПЛОТИНОСТРОЕНИЯ НА УСЛОВИЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ ВО ФРАНЦИИ

Крупные плотины вызывают столь значительные изменения существующих условий, что жители оказываются перед лицом новых проблем. Некоторые приспособляются, другие уезжают, и приезжают новые жители.

Как реагируют на происходящее люди? Какие потрясения им приходится пережить? Не могут ли специалисты, проектирующие плотины, учесть все это заранее? На эти вопросы пытаются дать ответ французские эксперты в [Д-40-32].

Земледельцы, собственники земли являются первыми «жертвами» крупных плотин. Водоохранилища затопляют земли. Первая реакция земледельцев на возведение плотин неблагоприятная. Их лишают средств существования и снабжают деньгами, с которыми они не знают, что делать. Лишь небольшая часть из них подготовлена к смене профессии. Большинство стремятся купить новые земли в другом месте, чтобы вернуться к своей деятельности.

Национальная компания возводит в бассейне р. Роны разборные плотины высотой от 17 до 22 м. Эти сооружения образуют водохранилища общей площадью 61 км<sup>2</sup>. Для возмещения ущерба, наносимого 10 тыс. земледельцев, компания финансирует 90% на компенсацию последствий затопления и 10% на освоение новых площадей

и создание кооперативов. Из докладов неясно, восполнила ли компания убытки земледельцев, затопив 12 400 га сельхозугодий. Однако строительство плотин оказало воздействие на эволюцию района: многие земледельцы перешли на промышленные предприятия или в сектор обслуживания, а те, кто остался в сфере сельского хозяйства, были вынуждены укрупнять и совершенствовать свои фермы.

Строительство плотин создает благоприятные условия для развития сельского хозяйства на землях, прилегающих к водохранилищам, ибо появляется возможность использовать воду для ирригации в больших количествах. Наводнения, вызывавшие периодически затопление этого района, теперь значительно сократились.

В докладе приводятся изменения, вызванные плотиностроением, которое осуществляла компания Электрисите де Франс. Эта компания, затопив на р. Дюранс 360 строений, создала центр новой деревни (мэрию, церковь и другие общественные здания). Население вновь отстроенной деревни стало немногим меньше, чем в затопленной, но в летнее время оно увеличивается более чем в 10 раз. Торговля процветает.

В результате возведения плотин часто строят шоссейные и железные дороги, реконструируют мосты, причем на более высоком, современном, техническом уровне. Вот почему изменения жилых помещений, вызываемые строительством плотин, бесспорно, носят положительный характер.

Развитие туризма в районе водохранилища определяется следующими факторами: доступностью берегов, красотой окружающего пейзажа, размером зеркала, особенно шириной, чистотой воды и берегов, возможностью рыбной ловли, мягкостью климата и продолжительностью солнечного периода, возможностью развития водного спорта, близостью к городам.

Водный спорт во всех видах разрешается на водохранилищах площадью не менее 150 — 200 га. В водохранилищах меньшей площади все виды водного спорта несовместимы и возможно организовать спортивные занятия только по некоторым видам.

Существует два вида посещения гидроузлов туристами: свободное посещение без сопровождающего и посещение с экскурсоводом. Свободное посещение основных сооружений (плотина, шлюз, ГЭС) не очень доброжела-

тельно воспринимается предпринимателями, опасаясь несчастных случаев. Не все гидроэлектростанции можно посещать без предварительного разрешения. Создаются площадки, откуда видна вся панорама плотины и водохранилища. Подобные смотровые пункты рекомендуется оборудовать фотостендами и звуковой установкой типа магнитофона, которая дает разъяснения посетителям.

Посещения в сопровождении персонала, т. е. экскурсии, распространены обычно в период строительства плотин. Препятствовать экскурсиям не следует, поскольку посетители часто хотят убедиться, не будет ли плотина отрицательно влиять на природную среду.

В [Д-47-8] приводятся сведения о влиянии населенных пунктов на выбор створа гидроузлов. Так, при проектировании гидроузла Сен-Валье на р. Роне пришлось отнести створ на 2 км выше по течению и изменить схему деривации. Для сохранения исторических памятников в районе г. Авиньона, где р. Рона разделяется на два рукава, были запроектированы отдельные гидроузлы.

В этом же докладе затрагиваются вопросы эстетического оформления гидроузлов и приводятся рекомендации. Если гидроузел расположен в промышленном районе, то для устранения неприятного впечатления от посредственных зданий и хаотической застройки целесообразно выделить какое-либо сооружение как доминанту, которая по контрасту будет привлекать к себе внимание. Примером может служить нижняя голова шлюза Пьер-Бенит на р. Роне. В узком створе, наоборот, можно попытаться вписать сооружение в пейзаж, чтобы оно не выделялось. Так построена ГЭС Сен-Валье. Для сохранения красоты естественного пейзажа заботятся о внешнем виде поверхностей сооружений. Для этого бетон окрашивается в белый цвет, для облицовки используются ценные породы дерева, откосы земляных плотин обкладываются дерном.

Рост туризма вызывает необходимость строить вблизи водохранилища гостиницы, кемпинги, магазины и т. п. Таким образом, строительство плотин вынуждает местное население изменять свой образ жизни, деятельность. Поэтому необходимо как можно полнее предусмотреть это, чтобы восполнить экономический и моральный ущерб, приносимый населению.

## 19. ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИДРОУЗЛА КЕБАН НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ ТУРЦИИ

Гидроузел Кебан [Д-40-4] на р. Евфрат расположен на расстоянии 45 км от г. Элязыг — административного центра Восточной Турции. В прошлом бассейн р. Евфрат явился основой для образования и расцвета цивилизации в Месопотамии.

Плотина Кебан высотой 211 м каменнонабросная с общим объемом наброски 15 332 тыс. м<sup>3</sup>; левобережная часть плотины бетонная гравитационного типа максимальной высотой 86,6 м. Установленная мощность ГЭС составляет  $155 \times 8 = 1240$  МВт. Начало строительства относится к 1966 г. В ноябре 1967 г. были закончены отводящие туннели и река была отведена через них. Согласно первоначальному плану франко-итальянской объединенной компании строительство должно было закончиться через 5 лет. Однако длительная задержка произошла из-за сложных геологических условий в основании плотины. Водохранилище имеет площадь 685 км<sup>2</sup> и полный объем 30,6 км<sup>3</sup> воды. Его длина 125, а средняя ширина 5,4 км.

При создании водохранилища затоплено 94 деревни с прилегающими пашнями полностью, 22 деревни с пахотными землями частично и в 81 деревне только пахотные земли. Согласно переписи число семей, живших на затопленных землях, составило 5170, а общее число переселенных жителей 30 тыс. чел. Из указанного количества семей 141 потребовала такого же количества пахотных земель, 713 переселились в города, 1834 перешли в разряд промышленных рабочих, а 2462 семьи не определили свое будущее.

До начала строительства археологическая экспедиция, состоящая из ученых университета в Анкаре при участии английских и американских специалистов, обнаружила в районе будущего водохранилища 38 курганов. Их раскопки дали ценные для науки результаты. Из наземных исторических памятников две старинные мечети перенесены в безопасное место вне затопливаемой водохранилищем территории.

Археологи установили, что приблизительно за 4000 лет до нашей эры часть Анатолии к востоку от р. Евфрат была заселена хеттами. По виду материалов, которые были извлечены из курганов, были сделаны вы-

воды о том, что в регионе существовала культура бронзового, затем железного века. Раскопки проводились вплоть до заполнения водой чаши водохранилища.

В настоящее время гидроузел Кебан служит важным фактором в развитии экономики той части Турции, которая некогда относилась к Месопотамии. Вновь возникающие компании помещают капиталы в промышленность региона. Энергия, которая будет вырабатываться после строительства ГЭС, и возможности капиталовложений после отчуждения земель будут способствовать развитию региона Анатолии, который богат минеральными ресурсами.

## 20. СЕЙСМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛОТИН — ОСНОВА БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В КАЛИФОРНИИ

В Калифорнии земная кора сейсмически активна. 6 февраля 1971 г. в результате землетрясения возникло опасение в отношении устойчивости сравнительно старой плотины Сен-Фернандо. Экстренно было эвакуировано 80 тыс. жителей населенных пунктов, расположенных в нижнем бьефе. Через 3 сут им было разрешено вернуться домой. Этот пример положен в основу доклада [Д-40-18], в котором рассматриваются условия эксплуатации плотин в густонаселенных сейсмически активных районах.

Калифорния — ведущий штат США по выполнению законодательных актов о надежности плотин и организации служб по контролю за устойчивостью сооружений. В Департаменте водоснабжения и энергетики в г. Лос-Анджелесе этим вопросам придается первостепенное значение, поскольку в штате высокая плотность населения и построено много плотин. Более тысячи плотин разных размеров находятся под контролем государственных органов.

Авторы доклада обращают внимание на необходимость соответствия стандартам надежности плотин при их проектировании, строительстве и эксплуатации. Еще в 1929 г. в штате был принят закон о надежности плотин. Данный закон был взят за основу Национальным комитетом по большим плотинам США для разработки типового закона о надежности плотин, предложенного в 1971 г. Однако в результате двух крупных аварий пло-

тин: в Восточной Виргинии 26 февраля 1972 г., где погибло 118 жителей, и в Южной Дакоте в июне 1972 г., где погибло 200 чел., потребовалась доработка этого закона.

В [Д-40-18] дается характеристика строительства плотины Сен-Фернандо и эксплуатации водохранилища Ван-Норман, образованного этой плотинной. Плотина Сен-Фернандо возводилась очередями.

Первоначальный профиль плотины был намыт

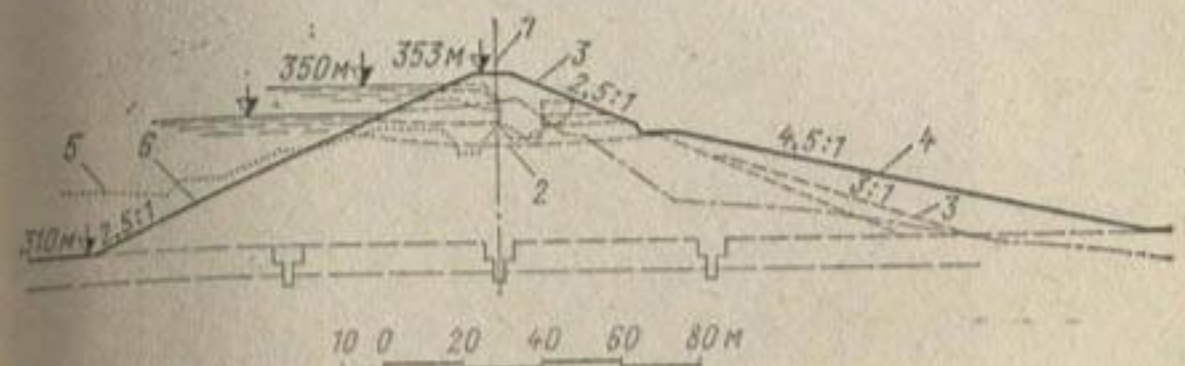


Рис. 18. Поперечное сечение плотины Сен-Фернандо.

1 — ось плотины; 2 — профиль в 1916 г.; 3 — профиль в 1930 г.; 4 — подсыпка в 1940 г.; 5 — верховой откос после землетрясения 1971 г.; 6 — верховой откос, укрепленный железобетонными плитами.

в 1916 г. Верховая часть плотины отсыпалась насухо вплоть до 1930 г., когда была достигнута проектная высота, равная 43 м. Общий объем тела плотины 26 млн. м<sup>3</sup>.

В августе 1930 г. после небольшого землетрясения возникли трещины со стороны нижнего бьефа. Начиная с 1940 г. на плотине велись работы по увеличению устойчивости намытой и насыпной частей, а также зон прижима к берегам. С 1950 по 1966 г. разрабатывались проекты реконструкции или замены сооружения в соответствии с новыми стандартами надежности. Изменение профиля плотины по этапам показано на рис. 18.

Сеть контрольно-измерительной аппаратуры, установленной на плотине в 1966—1970 гг., наблюдается смотрителем ежедневно.

Землетрясение, происшедшее 9 февраля 1971 г., с эпицентром, расположенным в нескольких милях от водохранилища Ван-Норман, имело силу по шкале Рихтера 6,6 балла. Ущерб составил 1 млн. дол. Плотина Сен-Фернандо при землетрясении получила деформации,

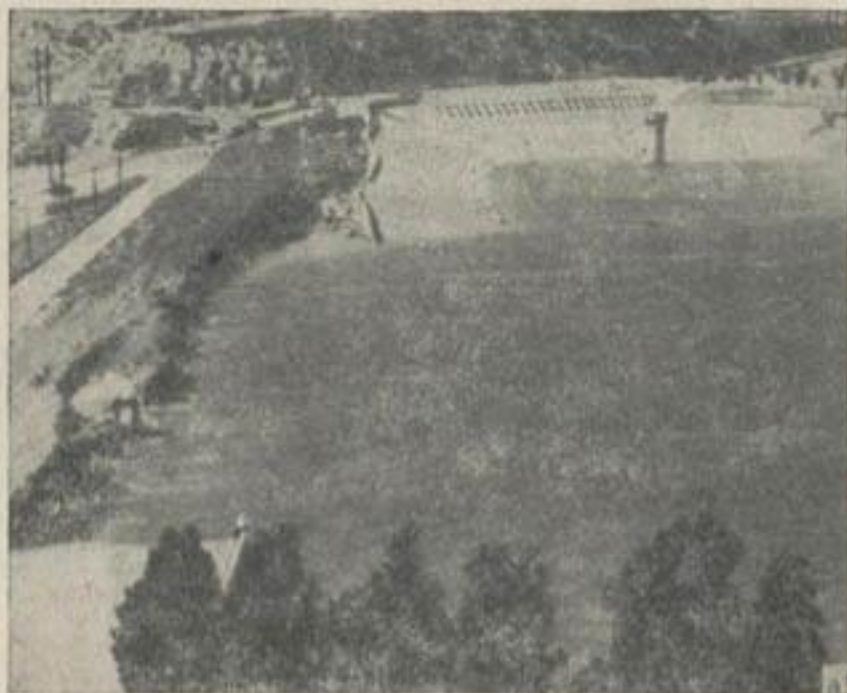


Рис. 19. Частичное разрушение плотины Сен-Фернандо.  
а — вид с верхнего бьефа; б — вид на низовой откос плотины.

произошло оползание низового откоса, гребень плотины осел на 0,6 м при горизонтальных смещениях на 1,5 м. Поскольку уровень воды в водохранилище был ниже НПУ, перелива воды через гребень плотины не произошло (рис. 19).

Новая плотина возводится в верхнем бьефе старой. Решено вынуть аллювий до коренной скалы и уложить грунт в тело плотины, чтобы сооружение было устойчивым при 8-балльном землетрясении. Приводится описание программы геотехнических исследований. Высота плотины 32 м. Заложение откосов: верхового 1:3,5, низового 1:3. Обращено внимание на дренирование тела плотины. Со стороны нижнего бьефа весь клин должен быть в сухом состоянии.

После завершения строительства новой плотины старая будет выполнять функции дополнительной защиты для строений и населения, живущего ниже по течению.

#### 21. ВЛИЯНИЕ ПЛОТИНОСТРОЕНИЯ НА МИГРАЦИЮ НАСЕЛЕНИЯ В ЯПОНИИ

В [Д-40-11] рассматриваются вопросы миграции и занятости населения в районах Японии, где было возведено 19 плотин в период с 1954 по 1972 г., построенных для создания водохранилищ объемом от 2 до 370 млн. м<sup>3</sup> (табл. 3).

Миграция населения вследствие гидротехнического строительства имеет две причины: 1) необходимость выехать из зоны затопления и 2) стремление поселиться на берегу вновь создаваемого водохранилища.

При выборе местожительства основным фактором является работа. Кроме того, учитываются климатические условия, наличие общественных учреждений, школ. По статистическим данным о переездах 1131 семьи из-за строительства плотин (43 объекта) выяснилось, что 40% семей переселилось в города и 60% осталось в сельской местности. Среди переехавших в города преобладают рантье и рабочие лесной промышленности.

Из данных табл. 3 видно, что переселенцы в Японии меняют свою профессию. Так, если до переселения 60% жителей были фермерами, то после переселения ими стали только 49%. Число рабочих лесной промышленности

уменьшилось в 2 раза. В целом лишь 70% населения продолжает свои занятия, а 30% меняет род деятельности. Причины изменения профессии разные, но главное — стремление повысить свои доходы.

Таблица 3

Данные о миграции населения в зоне водохранилищ Японии

| Плотина   | Объем водохранилища, млн. м³ | Год начала эксплуатации | Число переселенных семей | Занятия до переселения |                                | Занятия после переселения |                                | Прочие |
|-----------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------|
|           |                              |                         |                          | Фермер                 | Работник лесной промышленности | Фермер                    | Работник лесной промышленности |        |
| Саннокаи  | 9                            | 1954                    | 21                       | 100                    | —                              | 95                        | —                              | 5      |
| Нагасе    | 45                           | 1957                    | 248                      | 58                     | 14                             | 68                        | 4                              | —      |
| Якува     | 33                           | 1958                    | 15                       | 73                     | 13                             | 47                        | 7                              | 32     |
| Миягава   | 56                           | 1957                    | 94                       | —                      | 82                             | 2                         | 53                             | 27     |
| Сакума    | 205                          | 1956                    | 260                      | 4                      | 73                             | 58                        | —                              | 19     |
| Арасава   | 30                           | 1956                    | 40                       | 75                     | 15                             | 82                        | —                              | 8      |
| Аяминами  | 33                           | 1956                    | 49                       | 82                     | 18                             | 41                        | 10                             | 49     |
| Миборо    | 329                          | 1961                    | 400                      | —                      | —                              | —                         | —                              | —      |
| Тамаяма   | 12                           | 1962                    | 29                       | 97                     | —                              | 97                        | —                              | —      |
| Тагокура  | 370                          | 1959                    | 50                       | 84                     | 4                              | 32                        | 4                              | 52     |
| Сасаогава | 52                           | 1958                    | 110                      | 71                     | 26                             | 34                        | —                              | 63     |
| Масуцава  | 2                            | 1964                    | 42                       | 63                     | —                              | 63                        | —                              | —      |
| Нюгами    | 23                           | 1960                    | 196                      | 26                     | 22                             | 24                        | 15                             | 9      |
| Мива      | 25                           | 1959                    | 30                       | 90                     | —                              | 70                        | —                              | 20     |
| Тори      | 23                           | 1966                    | 27                       | 96                     | —                              | 41                        | —                              | 55     |
| Такакума  | 11                           | 1972                    | 197                      | 80                     | —                              | 62                        | 3                              | 15     |
| Шияшида   | 35                           | 1968                    | 70                       | 99                     | —                              | 97                        | —                              | 2      |
| Такане    | 35                           | 1968                    | 60                       | 75                     | 20                             | 3                         | —                              | 92     |
| Напэиро   | 10                           | 1965                    | 50                       | 22                     | 46                             | 20                        | 38                             | 10     |

Местные власти стремятся возводить новые населенные пункты как можно ближе к старым. Обычно рассматриваются два варианта населенных пунктов: в нижнем бьефе и у водохранилища. Во втором случае необходимо найти ровное место для сельскохозяйственных угодий.

В докладе приводятся примеры хозяйственной и финансовой деятельности ряда государственных учреждений при решении вопросов о переселении жителей из зоны затопления. Предлагается одновременно с составлением проекта плотины составлять план помощи населению,

переселяющемуся на новые места. Отмечается положительный опыт строительства новых населенных пунктов под контролем заинтересованных общегосударственных органов: префектур и министерств.

## 22. ВЛИЯНИЕ ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВА НА ИНФРАСТРУКТУРУ РЕГИОНОВ В СССР

Проблемы влияния гидростроительства на инфраструктуру отдельных регионов весьма актуальны и широко обсуждаются в настоящее время. При этом главное внимание обращается на оценку экономической эффективности пионерных гидроэнергетических объектов. Не ставя под сомнение важность подобного вопроса, подчеркнем необходимость рассмотрения вопросов защиты природной среды.

Примеры воздействия гидростроительства на экономику и условия жизни населения зарубежных стран, обсуждавшиеся на конгрессах, показывают, что масштабы преобразующего влияния больших плотин и водохранилищ в Советском Союзе гораздо значительнее. Начиная с плана ГОЭЛРО — первого плана развития народного хозяйства, крупным гидроэнергетическим объектам отводится ведущая роль в создании материально-технической базы коммунизма. Преимущества социалистической формы хозяйствования позволяют осуществлять комплексный подход при решении водохозяйственных проблем.

Значительное число больших плотин и крупных водохранилищ создано и создается в СССР в необжитых местах, и они являются пионерными промышленными объектами в регионе. Это приводит к большим первоначальным капитальным вложениям и предопределяет увеличенный срок строительства гидроузла. Однако формирование новой инфраструктуры в регионе способствует резкому подъему производительных сил. Привлечение рабочей силы из густонаселенных районов вызывает социальные изменения в структуре региона.

Отсюда следует вывод: крупные водохранилища и большие плотины оказывают воздействие на природную среду непосредственно и косвенно через производственные объекты, порожденные водохранилищами, в последнем случае вследствие преобразования инфраструктуры

региона, воздействующей на природную среду. Однако это косвенное влияние водохранилищ и больших плотин на окружающую среду, а также и технико-экономические показатели самих объектов оцениваются весьма приближенно, главным образом качественно.

Например, сооружение Братской и Красноярской ГЭС привело к созданию в этих районах алюминиевой, машиностроительной, целлюлозной, лесной, горно-обогатительной и другой промышленности. Численность населения здесь значительно возросла. Это привело к развитию транспортной сети и созданию сельскохозяйственных объектов более высокого уровня, чем до строительства гидроузлов.

В связи с намеченным развитием топливно-энергетического комплекса на одиннадцатую пятилетку и до 1990 г. крупное гидроэнергетическое строительство будет вестись в Сибири и на Дальнем Востоке.

В первую очередь будет происходить освоение гидроэнергетических ресурсов бассейна р. Енисея<sup>1</sup>. Перспективными объектами являются следующие ГЭС: Средне-енисейская,  $N=6680$  МВт,  $\mathcal{E}=31,41 \cdot 10^9$  кВт·ч; Нижне-ангарская  $N=710$  МВт,  $\mathcal{E}=3,35 \cdot 10^9$  кВт·ч; Осиновская  $N=6500$  МВт,  $\mathcal{E}=28,2 \cdot 10^9$  кВт·ч; Туруханская  $N=8300$  МВт,  $\mathcal{E}=37,3 \cdot 10^9$  кВт·ч; Игарская  $N=5000$  МВт,  $\mathcal{E}=30,0 \cdot 10^9$  кВт·ч; Подкаменно-Тунгусская  $N=2500$  МВт,  $\mathcal{E}=10,7 \cdot 10^9$  кВт·ч и ряд других.

Перечисленные ГЭС с крупными водохранилищами окажут дальнейшее преобразующее воздействие на природные условия северной части Западной и Восточной Сибири. Экономический потенциал этого крупного региона значительно возрастет, так как одновременно будет происходить освоение Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭК).

Предполагается в ближайшей перспективе довести ежегодную добычу угля КАТЭК до 1 млрд. т. Таким образом, проблема охраны атмосферы, воды, почвы, недр и всех компонентов биосферы в Сибири переходит в разряд первоочередных. Надлежит провести глубокие научные исследования по природоохранным вопросам для обоснования инженерно-технических решений. Для этого Сибирское отделение АН СССР совместно с института-

ми Минвуза РСФСР и другими организациями приступило к реализации региональной комплексной научной программы «Сибирь».

При решении задач оптимального размещения производительных сил в стране наряду с экономическими показателями и социальными условиями все большее значение приобретают вопросы защиты биосферы отдельных регионов, городов и населенных пунктов от вредных выбросов. Важно подчеркнуть, что на охрану окружающей среды придется расходовать все больше и больше средств. С целью экономии средств защита окружающей среды также должна рассматриваться как комплексная проблема для региона или территориально-производственного комплекса.

Ряд специалистов полагает, что создание крупных территориально-производственных комплексов позволяет получить 10 — 12% экономии суммарных капитальных вложений и снижение ежегодных издержек за счет кооперирования производства, комплексного использования трудовых ресурсов, рационального использования объектов инфраструктуры (жилья, связи, транспорта, предприятий социально-культурного назначения и т. д.). С некоторыми оговорками указанный процент экономии может быть перенесен на природоохранные мероприятия, выполняемые в комплексе, а не по отраслевому признаку.

## Глава шестая

### ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ СОЗДАНИИ ПЛОТИН НА ПОГРАНИЧНЫХ РЕКАХ

#### 23. НЕКОТОРЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ АСПЕКТЫ ПЛОТИНОСТРОЕНИЯ НА р. ЕВФРАТ

В настоящее время каждая суверенная страна обладает свободой действия в отношении вод и суши в пределах национальных границ. Нет никакого международного соглашения для определения прав на речной сток. Относительно рек, текущих вдоль границ государств, или бассейнов рек, принадлежащих разным государствам, существует практика двусторонних или многосторонних соглашений по вопросам использования и охраны водных ресурсов. Некоторые правовые аспекты международного

<sup>1</sup> Непорожний П. С. Гидроэнергетика Сибири и Дальнего Востока. — М.: Энергия, 1979.

характера применительно к плотностроению на р. Евфрат изложены в [Д-40-2].

На р. Евфрат созданы две большие плотины Кебан в Турции и Табка в Сирии. Ведутся работы по сооружению плотины Хадиса в Ираке.

Река Евфрат берет начало в гористой местности Восточной Турции и течет в южном направлении. Ее падение более 2000 м и длина около 3000 км. Бассейн занимает общую площадь 444 тыс. км<sup>2</sup>, из которых 28% находится в Турции, 17 в Сирии, 40 в Ираке и 15% в Саудовской Аравии. Почти весь сток реки (93%) формируется в Турции, 7% поступает с территории Сирии, а с территории Ирака и Саудовской Аравии вода почти совсем не поступает.

Расходы реки обнаруживают резкие и неустойчивые ежегодные и ежемесячные колебания. Коэффициент максимальных и минимальных среднегодовых расходов равен 3. Половина среднего годового стока проходит за 2 мес. (апрель и май).

Современное использование р. Евфрат на территории Ирака ограничено. Затопление низкорасположенных земель речными паводками вызывает заболачивание, вследствие чего орошаемых земель немного и урожаи сравнительно низки. Для эффективного использования стока реки должно быть предусмотрено аккумулятивное водохранилище. Для этих целей необходимы гидроузлы Хадиса и Ана.

В сирийской части долины р. Евфрат расход воды на орошение земель, расположенных на низких отметках, постоянно увеличивается начиная с 1951 г., что в маловодные годы сказывается на снабжении водой Ирака. Для намечаемого орошения земель, расположенных на высоких отметках, требуется дополнительный расход воды и электроэнергии для насосной перекачки. Эти требования, по мнению сирийских специалистов, удовлетворяются за счет ГЭС Табка.

В Турции прежде гидроресурсы р. Евфрат не использовались. Однако возросшая потребность в электроэнергии заставила приступить к гидроэнергетическому строительству в широком масштабе. Исследования показали, что, несмотря на большие расстояния передачи энергии (от мест выработки до мест нагрузки свыше 1000 км), гидроэнергетические ресурсы р. Евфрат позволяют удовлетворить быстро растущие потребности.

Все три страны бассейна р. Евфрат сооружают гидроузлы для развития орошаемого земледелия, за исключением Ирака, цель которого — производство дешевой гидроэнергии. Развитие орошаемого земледелия необходимо для достижения одной или нескольких целей: а) увеличение производства пищевых продуктов и хлопка; б) снижение затрат в засушливый год; в) увеличение производства пригодных для экспорта товаров; г) создание новых рабочих мест; д) обеспечение устойчивости общественного строя; е) повышение жизненного уровня населения; ж) обеспечение максимальной защиты национальной экономики от внешних воздействий.

Плотностроение является наиболее эффективным средством для регулирования запасов воды. При надлежащей эксплуатации водохранилища можно уменьшить паводковые расходы и сократить связанное с ними затопление земель; увеличить подачу воды для орошения большого количества земель и производства энергии; создать и поддержать напор для выработки энергии.

Изучение проблемы комплексного использования вод р. Евфрат показывает, что индивидуальные действия государств приводят к излишним капиталовложениям и бесполезной потере наиболее важного ресурса — воды. Несогласованная деятельность государств, пользующихся водой бассейна реки, может привести к конфликтным ситуациям. Только путем заключения межгосударственных соглашений и их строгого выполнения можно избежать этих конфликтов. В настоящее время существует четыре проблемы:

1. Синхронизация стока. Оба водохранилища Кебан и Табка имеют очень большой объем — 46 км<sup>3</sup>, который почти вдвое больше годового стока реки. Первоочередной задачей является умелое управление запасами воды в водохранилище. Для стран, расположенных в верхнем течении реки, отсутствие воды может вызвать недовыработку электроэнергии стоимостью в несколько миллионов долларов. Однако в нижнем бьефе плотины уменьшение расхода воды может вызвать существенные трудности в водоснабжении населения других стран. Этот вопрос требует согласования при регулировании стока. Таким образом, задача синхронизации может возникнуть в период эксплуатации гидроузлов, когда выработка энергии ГЭС в верхнем бьефе не соответствует потребностям водопользователей на нижних участках реки.

2. Потери воды. Водохранилища Турции очень глубокие и испарение относительно небольшое, в Сирии и Ираке — мелкие водохранилища, поэтому потери воды на 1 м<sup>3</sup> полезного объема в водохранилищах Турции приблизительно равны 30 — 35 л, а в Сирии и Ираке достигают 200 — 240 л. Учитывая это, предпочтительно большие запасы воды иметь в глубоких водохранилищах Турции. Согласно результатам исследований можно сэкономить до 5,5 км<sup>3</sup> воды (около 20%), если будет достигнуто оптимальное регулирование стока.

3. Качество воды. Причиной ухудшения качества воды является увеличение содержания солей в возвратных водах с полей орошения. В первоначальный период орошения возвратные воды вследствие выщелачивания могут быть особенно низкого качества. Вероятно, для решения этого вопроса работы по выщелачиванию нужно проводить в период, когда не производится орошение.

4. Право на воду. Эта проблема может быть решена путем двусторонних или многосторонних переговоров. Совместная разработка водохозяйственных планов странами бассейна р. Евфрат имеет определенные преимущества, а именно:

- 1) может быть составлен и осуществлен единый план;
- 2) облегчается получение средств из различных источников финансирования и привлечение международных агентств;
- 3) могут быть частично или полностью устранены убытки или конфликты, обусловленные самостоятельными и несогласованными действиями;
- 4) могут быть согласованы, по-видимому, противоречивые требования;
- 5) для большей гибкости совместного плана могут быть введены не связанные с водой мероприятия;
- 6) для большей эффективности плана может быть разработано совместное использование объединенных энергосистем.

Несмотря на очевидные преимущества совместной разработки плана, этому обычно препятствует ряд обстоятельств.

Каждая страна обычно склонна в своей деятельности полагаться только на свои национальные возможности и ресурсы, не считаясь с требованиями и возможностями других государств. При таком подходе легко можно

составить планы строительства, противоречащие интересам соседних стран.

Обычно каждая страна стремится быть независимой в обеспечении водой. Такая политика может привести к созданию некоторых основных гидроузлов, безопасность которых обеспечивается другими, не связанными с водой мероприятиями.

Другим препятствием, с которым обычно сталкиваются заинтересованные страны, является недостаточно четкая формулировка возникших проблем. Такое положение может привести к расхождению во мнениях на ранней стадии двусторонних обсуждений. Если эти разногласия не будут устранены, возникнут серьезные препятствия для установления взаимопонимания по основным вопросам.

Наконец, решению проблем водных ресурсов может сильно препятствовать полемика, которая не имеет прямого отношения к обсуждаемым проблемам. Такая полемика может даже включать вопросы, которые могут рассматриваться участвующими странами как вопросы, имеющие отношение к национальному престижу.

Попытки решить все конфликты одними переговорами обречены на неудачу. Международные конфликты, касающиеся речных бассейнов в различных частях мира, полностью подтверждают это заключение. Часто возникает вопрос, возможно ли практически устранить противоречивые требования в совместном плане. Несмотря на напряженные отношения и серьезные международные конфликты, вера в более светлое будущее для всех позволяет надеяться на удовлетворительное решение.

Приводимые ниже соображения основываются на прошлом опыте и смогут помочь в решении сложных проблем использования расходов воды в бассейне р. Евфрат путем составления основного плана, при котором на первое место выдвигается благосостояние людей:

1) проблемы бассейна реки должны рассматриваться независимо от других проблем;

2) необходимо организовать постоянный технический комитет, назначением которого являются: сбор физико-технических, экономических, социологических и других данных; разработка вариантов технических планов с учетом их максимальной эффективности, охраны национальных интересов и обеспечения взаимных интересов благодаря включению в план использования других во-

дотоков (таких, как р. Тигрис). Варианты планов должны иметь обоснованную формулировку;

3) политические переговоры должны основываться на приведенных выше планах и проводиться одновременно;

4) для успешного достижения окончательного соглашения необходимо принимать поэтапные решения по отдельным стадиям;

5) выполнение плана должно периодически проверяться, и при необходимости он должен корректироваться.

#### 24. СИГНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ ПРИ АВАРИИ ПЛОТИН

При обсуждении правовых сторон плотностроения встает вопрос о защите людей в случае разрушения объекта.

В [Д-40-44] излагается опыт австрийской фирмы «Ильверке» по созданию специальной системы оповещения населения на случай прорыва плотин в бассейне р. Иль (рис. 20).

Для быстрого оповещения населения создана радиотелефонная связь с центральной радиостанцией на ГЭС Люнерзее. Сигнальное оборудование станции «Тайфун» позволяет быстро предупредить население близлежащих деревень об опасности наводнения при аварии.

Из-за географического расположения водохранилищ и по техническим причинам был установлен ряд отдельных независимых систем, оборудованных сиренами «Тайфун» (рис. 21).

Сигнальная система для долины р. Монтафон имеет 24, для долины р. Бранднер — 3, для части долины р. Фальгау — 5 станций. Эти три системы могут работать независимо и одновременно. Общий сигнал состоит из 10 сигналов продолжительностью 10 с с паузами 5 с. Весь сигнал длится 2 мин.

Фирма «Ильверке» установила сигнальную систему «Тайфун» несколько лет тому назад. Эта система нуждается в постоянной проверке, и однажды во время такой проверки сигнал тревоги звучал неправильно. Сигнальные учебные тревоги, о которых заранее оповещается население, показали, что сигналы хорошо слышно во всех опасных районах. Для усиления системы «Тайфун»

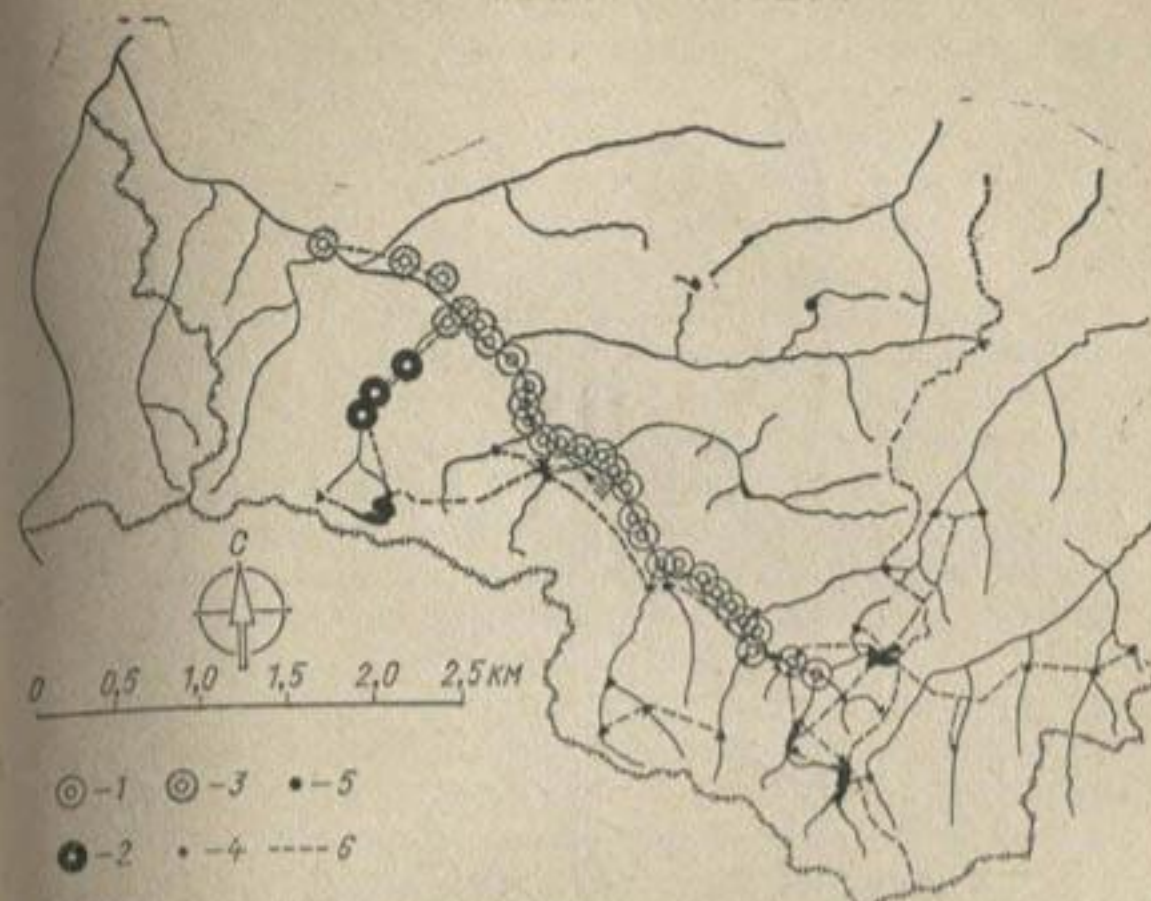


Рис. 20. Организация сигнальной системы в бассейне р. Иль.

1 — пункты I системы; 2 — пункты II системы; 3 — пункты III системы; 4 — ГЭС; 5 — запасные сигнальные станции; 6 — линии радиосвязи.

при реальной опасности будет немедленно включена пожарная сигнальная система.

Все системы связи и сигнальные системы могут успешно работать только при хорошей организации всех звеньев.

Кроме системы оповещения разработан план операции в случае возникновения опасности наводнения. Он включает деление на районы, подвергаемые опасности затопления по времени прохождения паводковой волны от створа плотины. Зона А — район, в котором время прохождения паводковой волны составляет менее 15 мин, зона В — время появления волны прорыва от 15 до 60 мин, зона С — появление волны через 1 ч после аварии.

Подача сигнала тревоги разделена на четыре фазы: предварительное предупреждение, предупреждение, аварийная тревога, тревога. Даны подробные инструкции об обязанностях всех местных властей.

Наряду с общим планом созданы местные планы для районов, подвергаемых опасности и специальные коман-

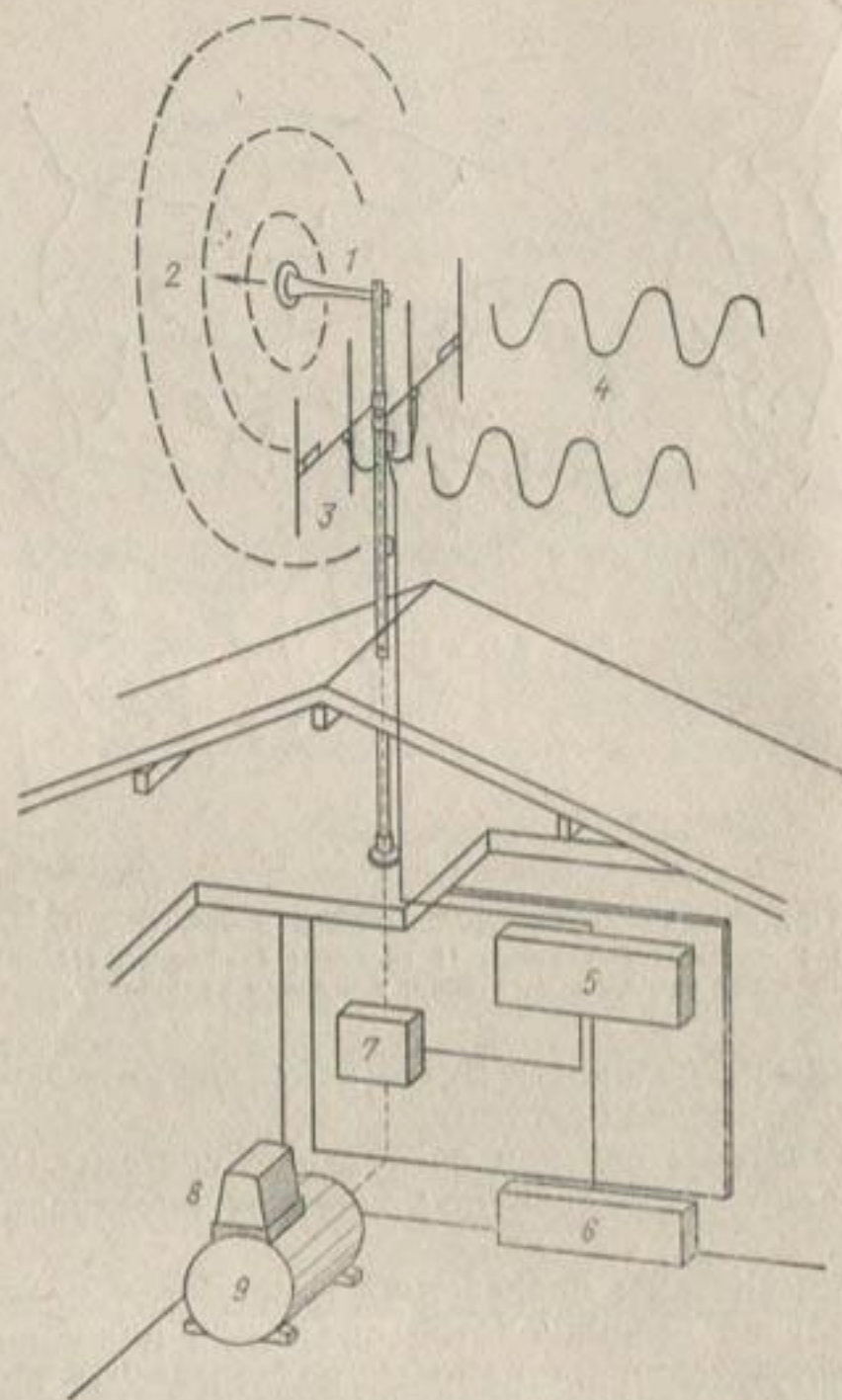


Рис. 21. Схема сигнальной станции «Тайфун».

1 — сирена; 2 — аварийный сигнал; 3 — антенна; 4 — радиосигнал; 5 — радио-аппаратура; 6 — батарея; 7 — пульт управления; 8 — электродвигатель ком-прессора; 9 — компрессор и воздухосборник.

ды по контролю за разрушением. Местный план включа-ет список штаба из компетентных представителей вла-сти; районы, которые необходимо эвакуировать; пути эвакуации.

Необходимость создания дополнительных систем опо-вещения населения на случай прорыва плотин подтвер-ждается катастрофой в каньоне р. Биг-Томпсон (США,

штат Колорадо), которая произошла 31 июля 1976 г. Причиной катастрофы явился паводок, вызванный лив-нем, продолжавшимся 4,5 ч. Местность района катастро-фы имеет крутые склоны и скудную растительность. Лив-невый сток поднял уровень воды в русле реки на 3 — 9 м выше нормального и расход воды возрос с 6 до 870 м<sup>3</sup>/с (обеспеченность 0,13%).

В результате катастрофического паводка в каньоне р. Биг-Томпсон погибло около 140 местных жителей и туристов. Национальная служба погоды США дала ин-формацию о наступившем наводнении уже после того, как ущерб был нанесен. При расследовании причин ги-бели людей было установлено, что такой способ предуп-реждения опасности, как информация через полицейские и муниципальные органы, через родственников, друзей и знакомых оказался несовершенным.

Применительно к практике плотиностроения в СССР следует отметить, что затронутая проблема является ак-туальной для узких долин рек с быстро «вспухающими» руслами и особенно для селеопасных районов. В проек-тах плотин на горных водотоках целесообразно предус-матривать систему оповещения населения о ситуациях, близких к стихийным бедствиям, используя норматив-ные документы гражданской обороны.

## Глава седьмая

### САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ СОЗДАНИИ ГИДРОУЗЛОВ

#### 25. МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СТРАНАХ АФРИКИ

«Болезни человека, прямо или косвенно связанные с водой, многочисленны», — так начинается доклад [Д-40-23].

Недостаток или избыток какого-нибудь элемента в химическом составе воды может быть причиной многих расстройств здоровья. Известно, что болезнь щитовид-ной железы особенно распространена в горных районах,

<sup>1</sup> Грантфест И., Даунинг Т., Уайт Д. Необходимость совершен-ствования системы оповещения о наводнениях. — Гражданское строительство (пер. с англ.), 1978, № 3.

где имеется недостаток иода в почве. В таких районах вода в водохранилище поступает непосредственно от дождевого стока. Избыток фтора в питьевой воде вызывает воспаление и неподвижность суставов. Маловероятно, чтобы воды водохранилищ содержали избыток фтора, но его недостаток является обычным явлением и может predispose к сильному кариесу зубов. В настоящее время обычно принято добавлять фтор в воду, подаваемую для питьевых целей, для предупреждения кариеса зубов. Однако вредное влияние фтора на здоровье человека остается источником постоянных дискуссий.

Многие патогенные микроорганизмы, вызывающие заболевания человека и домашних животных, попадают в организм человека с водой. Вода может быть источником практически всех групп болезнетворных микроорганизмов; некоторые из них приводятся ниже:

| Группа микроорганизмов | Болезни                         |
|------------------------|---------------------------------|
| Вирусы . . . . .       | Гепатит, полиомиелит            |
| Бактерии . . . . .     | Брюшной тиф, дизентерия, холера |
| Спирохеты . . . . .    | Инфекционная желтуха у животных |
| Простейшие . . . . .   | Амебная дизентерия              |
| Гельминты . . . . .    | Анкилостома, круглые черви      |

Большие плотины, в первую очередь ирригационного назначения, могут увеличить возможность переноса этих микроорганизмов, особенно в районах, где первоначальные засушливые условия были неблагоприятными для их выживания. Но поскольку в больших озерах и водохранилищах существует постоянный процесс самоочищения и вода в водохранилищах чище, чем в питающих их водотоках, и кроме того, вода в середине водохранилища чище, чем вблизи берега, то существует мнение, что строительство плотин непосредственно не увеличивает опасность заболеваний. Вода, которой снабжаются большие и малые города, неизменно очищается перед употреблением, и при правильном контроле процесса обработки устраняет опасность заражения.

Наибольшую угрозу здоровью как человека, так и домашних животных представляют именно косвенные воздействия больших плотин. Окружающая среда может настолько измениться, что ранее неподходящие условия становятся благоприятными для выживания и быстрого размножения разнообразных переносчиков болезни, таких как комары, которые являются переносчиками малярии

и многочисленных вирусных инфекций, и улитки, которые являются промежуточными переносчиками некоторых гельминтов животных и человека. Плотины могут благоприятствовать размножению мошек и родственных им видов, которые переносят болезнь, вызываемую ниточным гельминтом и приводящую к «речной слепоте», — явлению, распространенному в тропической Африке.

В Южной Африке наблюдаются случаи воздействия больших плотин на увеличение заболеваний малярией и другими болезнями, вызываемыми комарами. Однако предсказать размеры воздействия очень трудно вследствие того, что размер популяции переносчиков инфекции является только одним из немногих факторов заболевания. Кроме того, для некоторых вирусных заболеваний, вызываемых комарами, еще не точно определены переносчики инфекции, поскольку в зависимости от условий они могут меняться. Заболевание, вызванное переносчиками инфекции, является результатом взаимосвязи между тремя организмами: позвоночным хозяином, паразитом и членистоногим переносчиком, причем каждый из них имеет собственную сложную биологическую систему.

Рационально изменяя окружающую его природную среду человек видоизменяет условия обитания многих организмов. В ходе этих процессов разрушаются одни экологические ниши и создаются другие (зачастую большие). При этом часть видов исходной фауны, которая не в состоянии приспособиться к новым условиям, может быть вытеснена в результате конкуренции другими видами, возможно, даже заново вселившимися в данную экосистему. Некоторые же виды могут, наоборот, чрезвычайно размножиться, найдя благоприятные для себя условия существования. Среди этих видов могут, очевидно, находиться и некоторые болезнетворные организмы, а также переносчики различных инфекций.

Например, в Калифорнии *Culex tarsalis* — переносчик энцефалита — хорошо размножался на поливной земле в раньше чрезвычайно засушливой зоне. На Дальнем Востоке распространение японского энцефалита связано с орошаемыми рисовыми полями, где размножается переносчик инфекции *Culex tritaeniorhynchus*. В Африке *Anopheles gambiae* — основной переносчик малярии — быстро размножается на рисовых полях. Воздействие рисовых полей на развитие малярийного комара было отмечено в

Кении. Исследования показали, что 65% комаров обитают в деревнях вблизи рисовых полей и меньше 1% на неполивной площади.

В связи с возрастающим масштабом гидротехнического строительства задача эпидемиологов состоит в предупреждении появления болезней, связанных с изменением окружающей среды, и разработке соответствующих мероприятий по борьбе с ними. Это требует постоянных полевых наблюдений, которые могут также предоставить возможность наблюдать изменения в эпидемиологии болезней.

По числу смертных случаев и тяжести заболевания человека малярия более опасна, чем вирусная болезнь. Области распространения малярии в Южной Африке приблизительно совпадают с безморозными зонами.

В ЮАР за засушливый период 1962 — 1967 гг. заболеваний малярией было зарегистрировано всего 1636 случаев. Однако в 1972 г. произошла сильная вспышка заболевания. Возможно, это заставило авторов доклада оспаривать утверждение о том, что в местах распространения малярии увеличения популяции комаров после сооружения плотин не произойдет.

В СССР борьба с малярией проводилась как государственное мероприятие, и в настоящее время такой проблемы не существует уже несколько десятилетий. Кстати отметим, что возведение Мингечаурского гидроузла в числе прочих задач преследовало задачу борьбы с малярией в Азербайджане.

В докладе рабочей группы Французского комитета по большим плотинам [Д-40-35] отмечается, что после создания водохранилищ в тропических странах Африки изменения в окружающей среде могут благоприятствовать вспышке эпидемий ряда болезней. Органы здравоохранения этих стран при проектировании больших плотин должны изучать причины возникновения эпидемий и разрабатывать мероприятия по их предупреждению.

## 26. ТРЕБОВАНИЯ К ВОДОХРАНИЛИЩАМ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Указания о необходимости санитарно-гигиенической охраны пресных вод для водоснабжения содержатся во многих докладах. Наиболее подробно этот вопрос рассматривается в докладе, подготовленном рабочей груп-

пой Чехословацкого национального комитета по большим плотинам [Д-40-30].

Водоснабжение населения, промышленности и сельского хозяйства в Чехословакии является важной проблемой. Для обеспечения питьевой водой в требуемых количествах и нужного качества подземных источников уже недостаточно. Поэтому все больше используется поверхностная вода рек, озер и водохранилищ.

Если в 1928 г. из общего объема питьевой воды на долю поверхностного стока приходилось только 8, то в 1970 г. 54%. По планам развития водоснабжения страны доля поверхностного стока будет возрастать и к 1985 г. достигнет 67, а к 2000 г. — 71%.

Выбор подходящих поверхностных источников питьевой воды в Чехословакии весьма ограничен вследствие неблагоприятных гидрологических условий, высокой плотности населения и экономической освоенности практически всей территории страны. При этих условиях выбор удобного поверхностного источника, обеспечивающего получение воды в требуемом количестве и нужного качества, все больше затрудняется. И для решения этой проблемы требуется сотрудничество специалистов в области водного хозяйства, химии, биологии, медицины (особенно санитарной и противоэпидемической служб), социологии и т. д.

При сооружении нового водохранилища для водоснабжения необходимо придерживаться ряда положений, важных для охраны источников питьевой воды.

Место для будущего водохранилища и плотины рекомендуется выбирать на высоте более 400 м над уровнем моря, где обычно меньшая плотность населения и менее интенсивное земледелие, более низкие температуры воздуха и воды. Глубина воды в водохранилище в месте водозабора должна составлять не менее 15 м, для того чтобы всегда обеспечивать удовлетворительное качество забираемой воды. Территория, окружающая водохранилище, должна быть засажена лесом, преимущественно хвойными деревьями, наличие дерна нежелательно. Вблизи водохранилища не должно быть общественных средств сообщения; необходимо препятствовать доступу публики к водохранилищу. На водосборной площади не должно быть ни предприятий, ни гигиенических устройств, создающих сточные воды, которые не могут быть безопас-

но удалены. Рекомендуется создавать каскады водохранилищ. Комплексные водохранилища, в которых водоснабжение будет одним из элементов комплекса, не рекомендуются, поскольку возможно снижение качества воды.

Исследования Чехословацкой академии наук доказали эффективность совместных технических и биохимических мероприятий для охраны качества поверхностных вод.

Существует и другой взгляд на охрану водохранилищ, заключающийся в стремлении использовать естественные условия водосборной площади, соответственно дополнив их, по возможности заранее, рядом биохимических и технических мероприятий.

В докладе содержатся примеры водохранилищ для водоснабжения. Так, водохранилище гидроузла Желивка объемом 264 млн. м<sup>3</sup> обеспечивает водозабор 5 м<sup>3</sup>/с питьевой воды для Праги и Центральной Богемии. При создании водохранилища затоплена площадь 1178 км<sup>2</sup>, переселено 2166 чел, занимавших 710 домов.

Противоэпидемические мероприятия практически охватывают весь водосбор водохранилища. Поскольку р. Желивку уже давно намечали использовать в качестве источника питьевой воды для Праги, исследование качества воды в реке велось с 1942 г.

Качество воды исследовалось по следующим направлениям:

- а) опасность эпидемических заболеваний;
- б) пригодность воды с гигиенической точки зрения;
- в) состав воды с технологической точки зрения;
- г) циркуляция неорганических и органических веществ в воде.

Наблюдения производились в шести створах реки на участке около 50 км, а с 1954 г. также на двух главных притоках. По результатам наблюдений в 1964 г. загрязнения в реке были вызваны следующими источниками: стоки с полей 49,6%, сточные воды сельскохозяйственных объектов 8,7, бытовые стоки 4,4, отходы промышленности 6,5 и атмосферные осадки 30,8%.

Проект противоэпидемических мероприятий, основанный на нормах 1960 г., включал ликвидацию населенных пунктов с 3021 жителем в первой и второй защитных зонах, тщательное обеззараживание поселений во второй защитной зоне и другие мероприятия.

Поскольку эффективность биохимических мероприятий проявится только через несколько лет после их осуществления, рекомендуется произвести, например, лесонасаждения в защитной зоне первой очереди значительно раньше, чем будет введено в эксплуатацию гидроузел. Водохранилище для водоснабжения будет

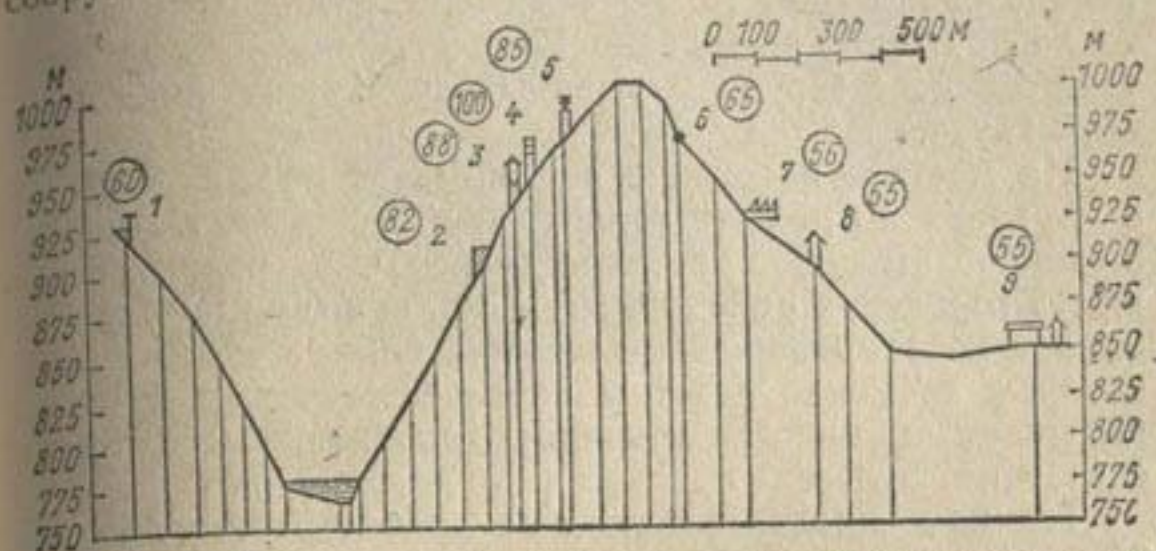


Рис. 22. Схема размещения подсобных предприятий на строительстве плотины Лас-Портас.

1 — смотровая площадка; 2 — бункер; 3 — бетонный завод; 4 — сортировочная установка; 5 — камнедробильная установка; 6 — южный склон; 7 — мастерские; 8 — производственные помещения; 9 — жилые дома; цифрами в кружках обозначен уровень шума в децибеллах.

тогда сооружено в окружающей среде, подготовленной в известной мере заранее.

Современная концепция санитарной защиты водохранилищ для водоснабжения, характеризующаяся, с одной стороны, концентрацией внимания на основных источниках загрязнения на водосборной площади, а с другой — широким применением химических и технических мероприятий, будет сохранена при пересмотре норм по защите водохранилищ.

## 27. АКУСТИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПЛОТИН

Производство строительных работ при возведении плотин всегда порождает акустические изменения в окружающей среде. Конечно, эти изменения носят временный характер и после завершения строительства гидроузла тишина восстанавливается.

Авторы доклада [Д-40-51] врач и инженер излагают результаты подробных и хорошо методически организо-

ванных наблюдений и измерений источников шума при сооружении 15 больших плотин в Испании. В группу исследователей были включены инженеры, врачи и социологи. Основным объектом наблюдений — строительство арочной плотины Лас-Портас высотой 141 м. Для строительства плотины будет доставлено 3 млн. т материалов, использовано 750 т взрывчатых веществ для выемки грунта из карьеров, выполнено 1700 м туннельных работ, а также перевезено по внутрипостроечным путям 25 млн. т·км груза.

На местное население воздействует шум от взрывов в карьерах по добыче гранита и известняка. На протяжении 45 км дорог воздействию шума подвергаются шесть городских районов. Шум от движения по дорогам влияет на семь рабочих поселков. Общее число людей, которые временно должны переносить шумы и звуки, вызываемые непосредственно сооружением плотины, составляет 5 тыс.

Так как продолжительность работ рассчитана на 38 мес., то естественная окружающая обстановка ряда деревень на северо-западе Испании будет изменяться только временно. Однако в указанный период население будет испытывать воздействие шума. Необходимо было разработать способы для уменьшения серьезных психофизиологических последствий акустического загрязнения окружающей среды.

Во время сооружения плотины основной причиной постоянного шума является сортировочная установка для приготовления заполнителей. В ее пределах наивысший уровень шума равен 100 дБ, на бетонных заводах 89, на дробильных установках 95 дБ. На рис. 22 показано размещение объектов на строительстве плотины Лас-Портас с указанием уровня шума. Как видно, если на склоне, обращенном к реке, шум составляет 82 — 100 дБ, то в населенном пункте, расположенном за горой, он равен 55 дБ, т. е. гора выполняет функцию экрана.

В тех случаях, когда нельзя использовать естественные экраны, необходимо применять другие способы для уменьшения шумов. На плотине Тант-Яго бункеры для загрузки заполнителей были покрыты мягким эластичным материалом.

Шумы от дробильных установок очень велики и превышают установленные нормы, поэтому рабочие обязаны носить наушники и противозумовые приспособления.



Рис. 23. Измерение шума при туннельной проходке.

Во время сооружения плотины два источника шума имеют наивысший уровень, а именно: легкие бурильные установки в туннелях и бурильные установки для цементационных работ (рис 23).

Авторы отмечают, что, хотя легкие бурильные установки рекламируются как бесшумные, на расстоянии 7 м от них шум составляет 105 дБ. От бурильных установок для цементационных работ шум еще выше: в 5 м — 114 дБ, а в 30 м — 111 дБ.

Бурильщики обязаны носить наушники и противозумовые устройства. Однако среди этой категории рабочих многие страдают глухотой как профессиональной болезнью. Данные о заболевании, установленные на основании проверки 3000 контрольных карточек по результатам трехгодичного выборочного обследования, приведены в табл. 4.

Очевидно, что воздействие шума через слуховую систему доходит вплоть до центров коры головного мозга и вследствие их близости к слуховому нерву и связи с ним является причиной указанных заболеваний. Ряд врачей поддерживает это утверждение. Большой процент заболеваний в группе бурильщиков — недостаточное различение звуков — объясняется близостью источника шума и прежде всего более интенсивными колебаниями, передаваемыми по станку.

Таблица 4

Данные о заболевании глухотой по категориям рабочих, %

| Заболевание                           | Бурильная установка (100 чел.) | Дробильная установка (80 чел.) | Механическая мастерская (40 чел.) | Столярная мастерская (20 чел.) |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Недостаточное различение звуков       | 84                             | 24                             | 19                                | 8                              |
| Недостаточное восприятие звуков       | 12                             | 6                              | 9                                 | 3                              |
| Глухота, вызванная общим заболеванием | 29                             | 9                              | 7                                 | 2                              |
| Глухота, вызванная взрывом            | 7                              | 0                              | 0                                 | 0                              |
| Полная глухота, вызванная шумом       | 2                              | 2                              | 1                                 | 0                              |

В табл. 5 приводится количество заболеваний рабочих, которые по роду своей работы подвергались воздействию шума в течение не менее чем 10 лет.

Предлагаются следующие санитарно-профилактические мероприятия: больше времени отводить для отдыха при выполнении работ, связанных с высоким уровнем шума; проверять личную гигиену; периодически проверять слух.

Работы по уменьшению вреда, вызываемого шумом, необходимо вести в трех направлениях: 1) снижение шума в самом источнике; 2) изоляция источника шума; 3) индивидуальная защита.

При сооружении больших плотин трудно существенно уменьшить шум, вызываемый дробильными установками.

Таблица 5

Характер заболеваний и число заболевших, % общего числа рабочих

| Заболевание                              | Дробильно-сортировочные установки | Бурильные установки |
|------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Ненормальное поведение                   | 11                                | 6                   |
| Нарушение пищеварения                    | 10                                | 12                  |
| Нарушение координации и астения          | 7                                 | 22                  |
| Нарушение сердечного ритма               | 3                                 | 3                   |
| Нарушение периферического кровообращения | 5                                 | 12                  |
| Нарушение работы органов дыхания         | 3                                 | 3                   |
| Импотенция                               | 2                                 | 3                   |

ми, тяжелыми транспортными средствами и т. д. Шум вблизи карьера сравнительно небольшой, так как работы производятся на открытом воздухе, однако шум от взрывных работ обычно очень сильный и интенсивный и отрицательно действует на скот. Чтобы уменьшить эти воздействия, было установлено точное расписание взрывных работ, и скот на время взрывных работ загоняли в хлев.

Остается до сих пор неизученным явление восприятия человеческим организмом ускорений, обусловленных передачей по земле взрывной волны. Согласно некоторым данным колебания с амплитудой 0,012 мм ощущаются человеком. Когда амплитуда колебаний достигает 0,12 мм, они вызывают неприятные ощущения.

## Глава восьмая

## ВЛИЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ТВЕРДЫЙ СТОК РЕК

## 28. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ОЖИДАЕМОГО ОБЪЕМА НАНОСОВ

Создание водохранилищ приводит к изменению количества наносов, поступающих с водосбора в водоток. В [Д-47-6] предлагается ориентировочный способ определения ожидаемого объема наносов на стадии проектирования. Объем наносов, который будет поступать по формуле Вишмейера—Смита составит:

$$W_s = 247RKFCP,$$

где  $R$  — коэффициент дождевого стока;  $K$  — эрозионный коэффициент почвы;  $F$  — параметр, учитывающий уклон земной поверхности;  $C$  — коэффициент, учитывающий растительный покров;  $P$  — противоэрозионный коэффициент.

Коэффициент  $R$  может быть вычислен, если известен слой максимальных дождевых осадков в миллиметрах, выпадающих за 30 мин с повторяемостью 1 раз за 10 лет. Для восточной части США коэффициент  $R$  можно подсчитать по эмпирической формуле

$$R = (A/11,34)^{3,745}.$$

Эрозионный коэффициент почвы  $K$  зависит от плотности грунта, смоченного дождем. При плотности грунта

1,3 — 1,7 т/м<sup>3</sup>  $K$  принимается 0,69—0,28; при 1,2—1,5 т/м<sup>3</sup>  $K=0,36÷0,26$ ; при плотности меньше 1,2 т/м<sup>3</sup>,  $K=0,28÷0,02$ .

Для определения параметра, учитывающего уклон земной поверхности  $F$ , приводится график зависимости  $F$  от уклона и длины рассматриваемого участка поверхности. Так, при уклоне 0,02 параметр  $F=0,2÷0,5$ ; при уклоне 0,2  $F=2÷6$  (меньшие значения соответствуют расстоянию между крайними точками 10 км, большие — расстоянию 60 км).

Коэффициент  $C$  рекомендуется для скудной растительности принимать равным 0,5—1,0.

Данных для определения коэффициента  $P$  накоплено недостаточно. Для естественных водосборных бассейнов рекомендуется принимать  $P=1$ .

При отсутствии растительного покрова объем наносов можно определять по формуле

$$W_s = 0,028 A^{3,745} K F C$$

либо с учетом крайних значений коэффициента  $C$

$$W_s = (0,014 ÷ 0,028) A^{3,745} K F.$$

Общий объем наносов, поступающих к расчетному створу с площади водосборного бассейна  $\Omega$ , км<sup>2</sup>, можно определить по формуле

$$W_{st} = W_s \Omega.$$

Эта зависимость называется уравнением потерь почвы. Вычисленный по этой формуле объем наносов, который должен поступить в небольшой морской порт Санта-Розалия (Мексика) по реке того же названия с площади водосборного бассейна, равной 15 км<sup>2</sup>, совпал с фактически полученными данными.

Во многих докладах обращается внимание на необходимость прогнозирования на стадии проектирования потерь воды в водохранилище в результате заиления.

В [Д-40-37] отмечается, что скорость отложения наносов в водохранилищах определяется многими факторами, которые можно разделить на три группы: первая — размеры и форма водохранилища, температура и ее распределение по глубине, ежегодная и сезонная соленость, колебание уровней воды, турбулентность потока, вызванная ветром и другими причинами; вторая — размеры и форма реки, скорость потока в суточном и сезонном разрезе, температура и соленость; третья — гра-

нулометрический состав наносов, форма и плотность частиц.

При проектировании больших водохранилищ Мангла в Пакистане и Насер в Египте были учтены потери их объема в результате заиления: первое водохранилище теряет 1,233 м<sup>3</sup> объема воды в течение 20 лет (или 1/9 полного объема); второе объемом 164 км<sup>3</sup> теряет 39 км<sup>3</sup> в течение 500 лет. Для увеличения объема водохранилища Мангла предусмотрено повышение плотины.

При прогнозировании заиления водохранилищ опираются на данные, полученные по 130 водохранилищам США, Индии, Кипра и других стран. Объемы этих водохранилищ колеблются в широком диапазоне — от 1 тыс. м<sup>3</sup> до 9000 млн. м<sup>3</sup>. Ежегодная потеря объема в результате заиления по этим водохранилищам составляет от 14,33 до 0,02%.

В [Д-47-17] содержатся сведения о заилении водохранилищ на реках Дунай, Инн, Энс и Драва в Австрии. Все большие водохранилища Австрии характеризуются небольшим мертвым объемом, составляющим 1—2% полного объема, который, тем не менее, достаточен для аккумуляции наносов на протяжении многих десятилетий. Контроль заиления ведется периодически 1 раз в несколько лет. При точности измерений эхолотом более частые измерения вряд ли целесообразны. Тщательное обследование водохранилища Маргаритце (расположенного близко у подошвы большого ледника) не позволило установить зависимость между заилением и природно-климатическими параметрами, влияющими на него (количество дождевых осадков, оказывающих воздействие на эрозию почвы, или температура, влияющая на активность ледника).

По данным измерений в большинстве указанных в табл. 6 водохранилищ прослеживается связь между годовым отложением наносов в водохранилище и размером водосборного бассейна. Поверхностная эрозия по всей площади бассейна составляет от 0,5 до 1 мм в год. По-видимому, большее значение может быть принято за приблизительное нормативное значение. Оно характерно для водохранилища Дурлассбоден, расположенного на слабых сланцевых породах, для водохранилища Маргаритце, на которое оказывает воздействие специфическая эрозия ледника, и для водохранилища Силвретта, расположенного в твердых гнейсовых породах Центральных

Большие водохранилища Австрии

| Водохранилище   | Год начала эксплуатации | Полный объем, млн. м <sup>3</sup> | Аккумуляция наносов в год |                     |        | Поверхностная эрозия водосборной площади, мм/год |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------|--------|--------------------------------------------------|
|                 |                         |                                   | Год измерения             | тыс. м <sup>3</sup> | %      |                                                  |
| Моозербоден     | 1956                    | 87,10                             | 1974                      | 198                 | 0,0023 | 0,5                                              |
| Вассерфаллбоден | 1949                    | 85,40                             | 1974                      | 820                 | 0,0096 | 0,8                                              |
| Дурлассбоден    | 1966                    | 53,00                             | 1974                      | 581                 | 0,0110 | 1,0                                              |
| Силверетта      | 1943                    | 39,10                             | 1967                      | 1134                | 0,0290 | 1,0                                              |
| Маргаритце      | 1952                    | 3,70                              | 1974                      | 871                 | 0,0235 | 1,0                                              |
| Герлос          | 1948                    | 0,93                              | 1965                      | 238                 | 0,2600 | 0,1                                              |
| Бёхентале       | 1951                    | 0,69                              | 1974                      | 478                 | 0,6900 | 0,4                                              |
| Видершвинг      | 1953                    | 1,50                              | 1973                      | 186                 | 0,0870 | 0,06                                             |
| Бёрг            | 1946                    | 0,24                              | 1961                      | 87                  | 0,3700 | 0,3                                              |

Альп и также подверженного воздействию ледника. Для водохранилищ Моозербоден, Вассерфаллбоден и Бёрг поверхностная эрозия характеризуется низкими значениями. Несмотря на сильно отличающиеся условия окружающей среды и эксплуатационные условия, в водохранилищах Герлос и Маргаритце почти одинаковое заиление. Эти водохранилища были заилены почти на  $\frac{1}{4}$  первоначального объема приблизительно через 20 лет после наполнения.

## 29. ВЛИЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА ВЫСОТНОЙ АСУАНСКОЙ ПЛОТИНЫ НА ТВЕРДЫЙ СТОК

Сооружение высотной Асуанской плотины привело к изменениям твердого стока р. Нила [Д-40-54].

Водохранилище Асуанской плотины простирается на 500 км (рис. 24), при максимальном уровне 183 м его площадь составляет 5900 км<sup>2</sup>. Общий объем водохранилища 164 км<sup>3</sup>, из них 30 км<sup>3</sup> предназначается для отложения ила, 90 км<sup>3</sup> для полезного объема и 44 км<sup>3</sup> для регулирования паводков.

Водохранилище представляет собой широкий и глубокий водоем, вытянутый вдоль естественного русла р. Нила, с заливами по берегам. В межень вода главным образом протекает через водохранилище по главному руслу. В паводки скорость течения не превышает 0,02 м/с. При такой скорости песок и ил осаждаются, а частицы меньшего размера остаются во взвешенном состоянии.

Осаждение ила происходит на верхних участках водохранилища. Как показывают данные наблюдений, концентрация твердого материала уменьшается ежегодно на участках, расположенных ближе к плотине. Во время наводнения в 1971 г. концентрация ила на участке, расположенном в 250 км выше по течению от плотины, стала пренебрежимо малой. В первоначальный период наполнения водохранилища (1964—1967 гг.) ил отлагался вблизи плотины.

Подсчет уменьшения объема водохранилища в результате заиления показал, что, поскольку суммарная масса взвешенного материала, переносимого рекой в течение паводков, составляет в среднем  $125 \cdot 10^6$  т, что равно  $80 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup> влажного ила, водохранилище ежегодно будет терять 0,002% своего мертвого объема и мертвый объем заилится через 500 лет.

В процессе проектирования высотной Асуанской плотины проводились исследования по воздействию потерь ила на сельскохозяйственное производство. Исследования привели к следующим выводам:

1) более 88% ила р. Нила сбрасывалось в море в период паводков;

2) первоначальное наполнение водохранилища уменьшит на 12% объем ила на культивируемых землях. Конечно, мелкие частицы ила будут оставаться во взвешенном состоянии и в период паводка сбрасываться через водосливы плотины;

3)  $\frac{2}{3}$  всего количества ила осаждалось на культивируемых землях при системе лиманного орошения в Верхнем Египте. После создания водохранилища на этих землях будет круглогодичное орошение, что даст возможность получать ежегодно два или три урожая;

4) питательная ценность ила р. Нила определяется содержанием азота, который составляет не более 0,13% по массе. Следовательно, культивируемые земли потеряют не более 1850 т азота, полученного из ила, который



Рис. 24. Водохранилище Асуанской плотины.

можно компенсировать 13 тыс. т. удобрения. Стоимость этих удобрений составляет менее  $\frac{1}{3}$  стоимости работ по вычерпыванию и удалению ила, осаждающегося в каналах во время паводков;

5) урожай кукурузы увеличивается при орошении чистой водой. После сооружения водохранилища кукуруза стала возделываться летом, что лучше, чем осенью, и поливы стали производиться чистой водой;

6) после сооружения высотной плотины урожай на посевных площадях, лишенных части ила, возрос благодаря улучшению условий полива. Теперь вода подается в достаточных количествах в течение всего года, а также улучшены условия дренажа благодаря понижению уровня подпочвенной воды. Приводятся данные о возросшей урожайности пшеницы и хлопка в Верхнем Египте.

Возможность деформации русла р. Нила после сооружения высотной плотины изучалась различными организациями, в том числе Гидропроектом. Были выполнены программы наблюдений и исследований для определения степени деформации русла реки и рекомендованы способы для ее регулирования. Так, Гидропроектом был использован метод определения возможной деформации, основанный на предположении, что объем материала, который может быть смыт из речного русла, равен среднему годовому объему твердого расхода, определенного для проектных гидрологических условий. Вычисления показали, что максимальному стоку в нижнем бьефе Асуанской плотины 225 млн. м<sup>3</sup>/сут будет соответствовать общее падение уровня воды (обусловленное деформацией русла вниз по течению) примерно 2,5 — 3,0 м. Для минимального стока 80 млн. м<sup>3</sup>/сут падение уровня будет увеличиваться до 3,0 — 3,5 м. Поскольку подпор воды в верхнем течении р. Исна будет регулировать деформацию на протяжении 50 км, деформация русла у г. Асуана предполагалась 2,32 м.

Наблюдения показали, что на деформацию русла реки оказали влияние плотины Исна, Наг Хамади и Асуит.

Программа исследований заиления водохранилища включала также периодические измерения взвешенных наносов ила в различных поперечных сечениях водотока.

В настоящее время постоянное регулирование уровней воды в реке обеспечивает старая Асуанская плотина, расположенная в 7 км ниже по течению от высотной плотины,

что препятствует размыву русла на большом протяжении. В строительный период большие расходы, сбрасываемые через высотную плотину, вызвали местный размыв русла у выхода отводящего канала в нижнем бьефе — далеко от низовой грани плотины. Сейчас скорость размыва русла реки значительно уменьшилась. Наблюдения показали также, что на участках реки, на которых не сказывается влияние подпора, скорости изменяются от 0,9 до 1,2 м/с, а на подпертых участках они снижаются до 0,4 — 0,5 м/с. Фактически такие скорости не вызывают размыва песков. Можно предположить, что, когда сток содержит наносы, эродированные из русла на свободных пространствах реки, часть этих наносов вновь осаждается на подпертых участках существующих плотин. Сравнительно чистая вода, проходящая дальше в нижний бьеф, вызывает незначительную деформацию, которая колеблется от 40 до 80 см. Изучения и исследования деформации русла реки от г. Асуана до г. Каира продолжаются и в настоящее время.

### 30. РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ НА РЕКАХ КИТАЯ

В [Д-47-32] рассматриваются вопросы заиления водохранилищ рек Хуанхе и Хайхе и их притоков, протекающих в Северном Китае. Для рек Северного Китая характерны резкие колебания как годового стока воды, так и количества наносов. На р. Чанхуа — притоке р. Хуанхе, в период с 1961 по 1971 гг. был зарегистрирован максимальный годовой сток 28,04 млн. м<sup>3</sup>, который в 3,2 раза превышает минимальный сток. Максимальный объем годового твердого стока составил 1,4 млн. м<sup>3</sup>, что в 527 раз больше минимального годового твердого стока. Во время чрезвычайно большого паводка, зарегистрированного на р. Чанхуа в августе 1969 г., продолжавшегося немногим более суток, из водохранилища Хейсоншин была сброшена основная масса годового количества наносов. Объем паводка был равен 3,27 млн. м<sup>3</sup>, что составило 23,7% общего годового стока, а количество наносов равнялось 0,97 млн. т, т. е. 70% среднегодового количества транспортируемых наносов.

Взвешенные наносы в реках состоят из мелких зерен, вымытых из лессовых отложений ливнями. Средний

диаметр взвешенных частиц в протоках р. Хуанхе изменяется от 0,008 до 0,038 и в притоках р. Хайхе — от 0,019 до 0,032 мм.

Процесс заиления водохранилищ зависит от трех факторов: 1) предельно возможного объема отложений взвешенных наносов; 2) количества транспортируемых потоком наносов; 3) гидравлического режима водохранилища.

Первоначально средние и малые водохранилища наполнялись в период паводка и заиление происходило интенсивно. Так, среднегодовые потери объема водохранилища Шеншилан доходили до 11,9 %. После изменения режима регулирования (наполнение чистой водой в межень и сброс мутной в паводок) потери объема водохранилища снизились до 1,2% объема. В водохранилище Хейсонлин в первые 3 года после наполнения было потеряно 19% полезного объема. После изменения режима работы водохранилища (накопление чистой воды в межень и сброс мутной в паводок) годовой объем наносов резко снизился — до 1,1% расчетного объема водохранилища.

Изучение формы поперечных сечений заиленных водохранилищ показало, что в водохранилищах, заполненных круглогодично, наносы распределяются равномерно по дну. Заполненные поймы постепенно заиляются, эрозия в них со временем увеличивается. В основном русле происходит попеременно отложение и вымывание наносов.

Изучение формы продольного профиля заиленных водохранилищ показало, что в средних и малых водохранилищах на горных реках вследствие значительного уклона речного русла, малой протяженности верхнего бьефа и мелкозернистости наносов лессовидного происхождения наносы быстро достигают плотины. Продольный профиль наносов обычно принимает форму конуса.

На равнинных реках, для которых характерны малые уклоны, заиление протекает медленно. Уклон поверхности образующихся отложений обычно меньше уклона дна реки. Когда крупность взвешенных наносов мало отличается от крупности донных, разница в уклонах поверхности отложений и дна реки невелика.

Одним из важных мероприятий по борьбе с заилением водохранилищ является улавливание речных наносов в верховьях водохранилищ.

Когда позволяет топография местности, удобрение посевных площадей наносным илом в верховье водохранилища является эффективным способом уменьшения заиления этого водохранилища. Так, в бассейне р. Хайхе ежегодно отлагается 40 млн. м<sup>3</sup> наносного ила, что уменьшает приток наносов в водохранилище Гуантин.

В провинции Хебей созданы два водохранилища на расстоянии 2,5 км. Режим работы верхнего водохранилища заключается в накоплении чистой воды и сбрасывания мутной, причем нижнее водохранилище остается заполненным. При опорожнении нижнего водохранилища сравнительно чистая вода выпускается из верхнего водохранилища для промывки отложившихся наносов в нижнем водохранилище.

Другим мероприятием для борьбы с заилением водохранилищ является рациональное регулирование речного и твердого стоков. В периоды паводков мутную воду с большим количеством твердых наносов рекомендуют сбрасывать, причем сработка уровня в водохранилище может произойти до уровня мертвого объема. После окончания паводка возобновляется наполнение водохранилища.

Многолетнее регулирование позволяет достигнуть равновесия между отложением наносов и их вымыванием.

Если водохранилище заполнено чистой водой при высоких уровнях, то паводковая вода, поступающая в водохранилище, будет создавать плотностной поток, если удовлетворяется условие:

$$\frac{v^2}{\frac{p_1 - p}{p_1} gh} = 0,6,$$

где  $v$  — средняя скорость потока;  $h$  — глубина воды;  $p_1$  — плотность мутной воды;  $p$  — плотность чистой воды.

В горных водохранилищах объем наносов, удаляемых плотностным потоком, может быть значительным; в водохранилище Хейсонлин с зоной подпора 3 км и первоначальным уклоном русла 1% максимальный объем наносов, вымываемых плотностным потоком, доходил до 91%. Этот метод широко применяется в засушливых районах, так как водохранилище может быть заполнено водой как до, так и после удаления наносов плотностным потоком.

Интенсивность промыва наносов в паводки связана с такими факторами, как крупность частиц взвешенных наносов, уровень режим водохранилища, объем задержания паводка. Данные наблюдений по четырем средним и малым водохранилищам позволили установить эмпирическую зависимость между относительной скоростью удаления наносов  $\eta_s$  и относительным расходом воды  $\eta_w$ :  $\eta_s = \eta_w^{1,5}$ .

На некоторых водохранилищах наносы удаляются при опорожнении водохранилищ. Открытие донных водоспусков способствует распространению промыва вверх по течению при условии высокого уровня воды в верхнем бьефе. При этом образуется промывная воронка в определенной зоне верхнего бьефа. По этому методу производят удаление наносов в водохранилище Хеншан. Иногда используют метод промывки наносов мутным потоком, который, несмотря на ограниченное количество вымываемых наносов, имеет большое значение в углублении русла и восстановлении объема водохранилища. Из водохранилища Хейсонлин было удалено 7 млн. т наносов, которые были полностью использованы.

Необходимо предусматривать не только мероприятия по уменьшению заиления водохранилищ и сохранению их объемов, но и способы использования наносов, сбрасываемых из водохранилищ. Так как наносы образуются из верхних обрабатываемых слоев почвы, они плодородны и содержат большое количество органических удобрений. Использование мутной воды из водохранилищ для орошения способствует увеличению плодородия и улучшению структуры почвы. В табл. 7 показаны изменения состава почвы до использования мутной воды для орошения зоны водохранилища Ханяинсин и после.

Таблица 7

Питательные вещества в почве в зоне орошения из водохранилища Ханяинсин, %

| Применения                   | Органическое вещество | Общее количество солей | Содержание |         |       |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|------------|---------|-------|
|                              |                       |                        | азота      | фосфора | калия |
| Перед орошением мутной водой | 1,34                  | 0,095                  | 3,3        | 0,79    | 13,3  |
| После орошения мутной водой  | 3,65                  | 0,152                  | 15,0       | 2,33    | 39,0  |

Орошение мутной водой увеличивает влажность почвы, отлагаемые наносы уменьшают испарение почвенной влаги, т. е. почва становится более засухоустойчивой.

В периоды орошения мутной водой температура воздуха и воды у поверхности земли более высокая, чем в другие периоды; происходит интенсивное растворение солей и заметное выщелачивание. Согласно измерениям, произведенным в водохранилище Женжилян после однократного орошения мутной водой, в результате выщелачивания содержание соли в пахотном слое (в пределах 35 см) снизилось от 30 до 40%. По данным в 1973 г. средний урожай зерна при орошении мутными водами повысился в несколько раз.

Отвод мутных вод является эффективным способом расширения посевных площадей. В процессе отвода мутной воды для орошения и удобрения илом необходимо производить регулирование стока, так как концентрация наносов меняется. Вода с большим содержанием наносов отводится непосредственно на сельскохозяйственные земли для орошения и удобрения наносным илом, с содержанием менее 100 кг/м<sup>3</sup> скапливается в прудах на орошаемой зоне для использования во время засухи.

Необходимо тщательно установить требуемое число поливов для регулирования толщины слоя ила, так как чрезмерная толщина его будет препятствовать испарению влаги, вызовет поднятие грунтовых вод, что приведет к засолению почвы, а недостаточная толщина ила не будет способствовать улучшению качества возделываемых земель.

## Глава девятая

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БОЛЬШИХ ПЛОТИН И ГИДРОУЗЛОВ

#### 31. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ БОЛЬШИХ ПЛОТИН

Вопросы экономической оценки строительства больших плотин содержались в докладах представителей капиталистических и развивающихся стран. Так, в [Д-40-39], посвященном экономической оценке плотин ирригационного назначения, предлагается различать основной (первичный) экономический и сопутствующий (вторичный) эффекты.

Основным экономическим критерием эффективности гидроузла или плотины является норма прибыли на вложенный капитал. Лицо, принимающее решение (ЛПР), сравнивает доходы от рассматриваемого варианта плотин и альтернативы. Например, при сооружении ирригационной системы фермеры будут расходовать больше средств на удобрения, улучшенные сорта семян и т. д., но эти затраты благодаря получению воды должны в конечном итоге значительно увеличить их доходы. Разница между дополнительным доходом от проданной продукции и дополнительными затратами составляет прямую прибыль от водохозяйственной системы — это и есть основной экономический эффект. Чистый доход фермера сравнивается с вложенным капиталом и эксплуатационными расходами системы. Полученные в результате вычислений ежегодные доходы суммируются за расчетный период, допустим за 50 лет. Затем определяется норма прибыли на вложенный капитал.

В [Д-40-39] рекомендуется проектировать водохозяйственную систему так, чтобы застраховаться как от уменьшения доходов или их запаздывания, так и от возможного возрастания эксплуатационных расходов и уменьшения суммарного эффекта.

В процессе проектирования водохозяйственной системы целесообразно в исходную информацию заложить ряд предположений, а именно: низкие и высокие цены на урожай, различные темпы переселения жителей, сроки заиления водохранилища, возможные диапазоны расходов по проведению мероприятий, связанных с заболеваниями и уничтожением водорослей, необходимость надежной защиты от сейсмических толчков, выщелачивание почвы, сроки адаптации фермеров к новой технике и т. д. Установленные таким способом расходы по возведению гидроузлов должны быть сопоставлены ЛПР с заменяемыми вариантами и возможными последствиями. Критерием — нормой прибыли — не рекомендуется пользоваться для того, чтобы однозначно решить вопрос о строительстве плотины. Количественное определение экономического эффекта (доходов и расходов) для различных вариантов плотин и схем использования стока рек может быть выполнено, но при этом следует выявить тот ущерб, который наносится окружающей среде.

Плотина может оказаться эффективной совершенно независимо от нормы прибыли на вложенный капитал. Эта оценка известна как вторичный эффект. Степень выгоды может быть выражена количественно исходя из анализа государственного бюджета и платежного баланса страны.

В докладе показано, каким образом могли бы быть выявлены вторичные эффекты для экономики страны в связи с сооружением трех гидроузлов в Гайане. Эти вторичные эффекты следующие:

дополнительный доход в размере 1—2 гайанских дол. на 1 дол. дохода будет получен косвенным путем;

увеличится занятость населения, так как один-два дополнительных вида работ будут производиться на фермах в пределах водохозяйственных систем;

последующие дополнительные ежегодные налоги, которые должны взиматься правительством в результате получения дополнительных ежегодных доходов от гидроузла, могут оказаться во много раз больше дополнительных ежегодных платежей, производимых государством по займу на его сооружение;

ежегодные доходы в иностранной валюте от гидроузлов будут больше и покроют расходы в иностранной валюте, которые могут потребоваться в связи со строительством плотин.

В странах, где существует частная собственность на землю и средства производства, окончательные решения о сооружении ирригационных систем принимаются либо отдельным лицом, либо комитетом. Члены комитета могут заниматься финансовой или административной деятельностью и лишь поверхностно знать принципы обоснованного выбора оптимальных решений в проекте, поэтому желательно иметь простой и ясный критерий, на основании которого можно было бы установить целесообразность осуществления проекта.

В США и Канаде решения могут быть приняты группой или советом из влиятельных лиц, представляющих заинтересованные стороны. Для того чтобы достичь соглашения группе лиц, принимающих решение (ЛПР), на рассмотрение должно быть представлено не более 12 вариантов. Процесс отсева из множества возможных вариантов должен осуществляться высококвалифицированной бригадой на беспристрастной основе. Критерии для такого отсева разрабатываются не создателями

проектов, а составляются лицами, которым поручается эта работа. Так как процесс отбора вариантов — необходимая часть работы для окончательного принятия решения, то необходимо лицам, занимающимся ею, проявлять столько же ответственности и благоразумия, сколько ожидают от ЛПР.

Рентабельность проектов гидроузлов в странах Южной Америки обсуждается в [Д-47-24]. Стоимость земли, находящейся в зоне затопления водохранилища, является важной статьей при оценке рентабельности гидроузлов.

Если затопливаемая земля используется для сельскохозяйственного производства, то ее оценка должна рассматриваться в зависимости от природных условий: почвы, топографии, климата и плодородия. Значительно труднее определить эти показатели, если затопливаемая земля представляет девственную дикую местность или леса, коммерческая стоимость которых в большинстве случаев очень низка. Даже стоимость древесины часто оценивается равной нулю в случае трудности ее вывоза из отдаленных мест. Однако ценность лесов как преобразователей солнечной энергии, как местобитания диких животных, как фактора влияния на метеорологические условия региона до сих пор не получила научной и практической оценки. Представляется сомнительной правомерность применения методики сравнения издержек и прибылей, рассчитанных больше чем на 100 лет срока службы гидроузла, поскольку экономические показатели зависят не только от изменения политических и экономических условий мирового рынка, но и от быстрого изменения цен. Практически невозможно предвидеть тенденции и условия изменения рыночных цен на материалы, нефть, сельскохозяйственные продукты и энергию в любой форме не только через 100, но и через 20—30 лет.

## 32. ОЦЕНОЧНЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ОБОСНОВАНИИ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОУЗЛОВ

Гидроэнергетические узлы внесли значительный вклад в развитие экономики многих стран благодаря производству энергии, развитию ирригации и регулированию паводков. Кроме того, они способствовали созданию зон отдыха и спорта. Развитие основных отрас-

лей производства во многих странах связано с крупным гидротехническим строительством. Однако в последнее время в печати уделяется большое внимание неблагоприятным косвенным воздействиям плотин. Эти негативные воздействия, вероятно, не могли бы быть предсказаны даже при весьма всестороннем исследовании [Д-40-48]. Так, при исследовании в процессе проектирования большой плотины на р. Фразер в каньоне Моран в Канаде, изучались последствия улавливания наносов в водохранилище. Негативными факторами являются размыв речного русла на протяжении нескольких миль в нижнем бьефе плотины, затем отступление дельты р. Фразер на 300 м вниз по течению. Наконец, полное уничтожение косяков лосося из-за гибели молоди, неспособной укрыться от хищников. До создания водохранилища мутная вода помогала молоди приспособиваться к переходу от пресной воды к соленой. Помимо отрицательных последствий указывались и положительные факторы.

При выборе вариантов плотины к окончательному рассмотрению принимаются не только экономические факторы, но и не экономические — рекреационные, экологические.

По мере того как гидросооружения увеличиваются по размеру и сложности, все меньше могут применяться жесткие правила, и появляется большая потребность в понимании и суждении со стороны всех ЛПР. В качестве руководящих принципов обоснования решений о сооружении большой плотины в [Д-40-48] выдвигаются следующие:

1. Выгоды должны превышать расходы (как при обычном анализе прибылей и расходов), в противном случае проект никогда не будет серьезно рассматриваться. Как доходы, так и расходы должны включать все материальные и нематериальные факторы, которые можно определить и оценить.

2. Необходимо избегать неопределенности, которая может быть неблагоприятной. Инженеры чрезвычайно консервативны, когда это касается использования новых методов или новых материалов, и это правильно, так как было бы очень безответственно применить какой-нибудь новый материал, качества которого не полностью известны, вместо испытанного и хорошего, но, возможно, немного более дорогого материала.

3. Решение не должно создавать условий для обстоятельств, которые могут оказаться нежелательными. Необходимо рассматривать решение в свете последующего строительства, которое, как можно ожидать, будет вызвано сооружением проектируемого гидроузла.

4. Наконец, решение должно быть устойчивым, т. е. оставаться малоизменяющимся в широком диапазоне возможных изменений обстоятельств. Это условие вызвано тем, что гораздо лучше принять решения, которые остаются хорошими при любых обстоятельствах, чем решения, являющиеся оптимальными при ожидаемых условиях, но непригодными, когда какие-нибудь предположения не оправдываются. Условие «устойчивости», вероятно, наиболее важное. Этот принцип был выдвинут при решении вопроса о капиталовложениях в развитие промышленности и в равной мере применим к решениям о сооружении больших плотин. Большие плотины по существу долговечны, но, очевидно, существует значительная неясность относительно долговременного воздействия плотин, неясность, каким оно будет, и как оно будет оцениваться. Условие «устойчивости» подсказывает, что должна быть проявлена большая осторожность, должно быть отброшено как можно меньше вариантов и оставлено как можно больше возможностей для их осуществления в будущем.

В [Д-40-39] приведена методика оценки эффективности гидроузла комплексного назначения, для случая когда известны положительные и отрицательные неэкономические факторы последствий, не поддающиеся количественному учету.

Предложение авторов разработано применительно к возведению плотины ирригационного назначения в экваториальной Африке, где уже существует водохранилище. Бассейн реки покрыт лесом. Средствами существования населения являются земледелие и рыболовство. В реке высокое содержание ила. В нижнем бьефе расположены открытые равнины, которые почти не заселены.

Оценка факторов, не поддающихся количественному учету, носит субъективный характер. Вначале составляется перечень этих факторов. Затем каждый фактор оценивается по шкале от 1 до 10. Далее принимается значение вероятности существования фактора в процентах. Наконец, определяется итоговая оценка относитель-

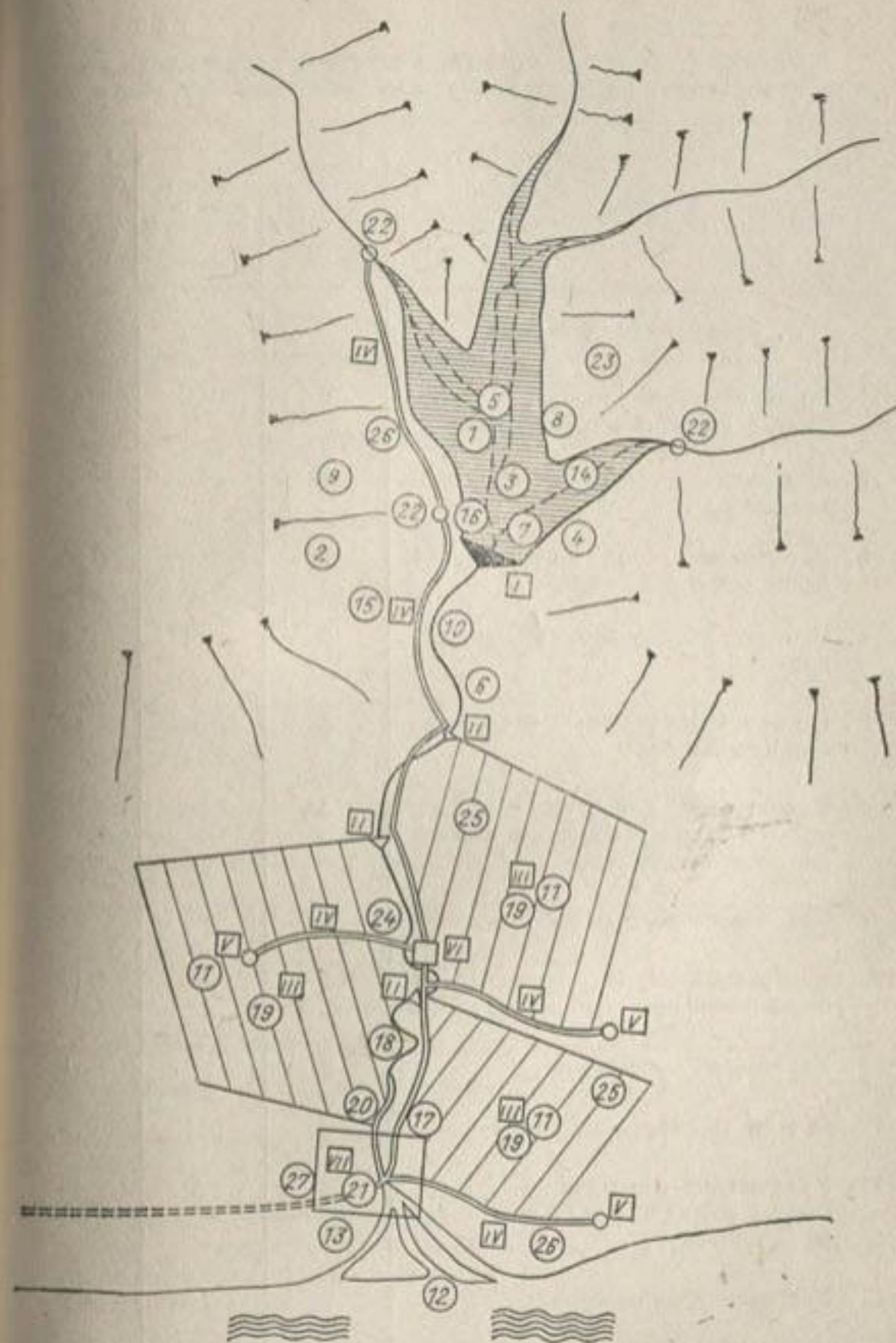


Рис. 25. Схема к анализу влияния гидроузла на развитие региона. I — плотина ирригационного назначения; II — плотины, для регулирования стока; III — территория орошения; IV — новые и улучшенные дороги; V — новые поселки; VI — торговый центр; VII — порт.

Таблица 8

Оценка факторов воздействия плотины ирригационного назначения, не поддающихся количественному учету

| Фактор                                                                                    | Оценка фактора по десятибалльной системе | Вероятность события, % | Оценка фактора с учетом вероятности события, % |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------|
| <b>А. Вредные воздействия</b>                                                             |                                          |                        |                                                |
| 1. Воздействия на человека, обусловленные затоплением строений                            | 6                                        | 100                    | 60                                             |
| 2. Миграция населения из зоны водохранилища                                               | 8                                        | 20                     | 16                                             |
| 3. Затопление лесов и переселение диких животных                                          | 3                                        | 100                    | 30                                             |
| 4. Оползни, обусловленные водохранилищем                                                  | 2                                        | 1                      | 0,2                                            |
| 5. Потери нерестилищ в озере для мигрирующих рыб                                          | 3                                        | 100                    | 30                                             |
| 6. Уменьшение нерестилищ рыб в нижнем бьефе реки из-за уменьшения расходов воды           | 4                                        | 50                     | 20                                             |
| 7. Увеличение водорослей в озере                                                          | 3                                        | 80                     | 24                                             |
| 8. Безобразный вид по границам водохранилища при его сработке                             | 1                                        | 100                    | 10                                             |
| 9. Увеличение сейсмичности                                                                | 2                                        | 5                      | 1                                              |
| 10. Опасность разрушения плотины                                                          | 8                                        | 0,1                    | 0,1                                            |
| 11. Уменьшение способности смывать загрязняющие вещества и соли из эстуария               | 4                                        | 100                    | 40                                             |
| 12. Увеличение заболеваний                                                                | 9                                        | 10                     | 9                                              |
| 13. Потеря естественного плодородия почвы из-за предотвращения затопления и отложений ила | 3                                        | 100                    | 30                                             |

Продолжение табл. 8

| Фактор                                                                                                    | Оценка фактора по десятибалльной системе | Вероятность события, % | Оценка фактора с учетом вероятности события, % |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Б. Благоприятные воздействия</b>                                                                       |                                          |                        |                                                |
| 14. Развитие транспорта на озере                                                                          | 4                                        | 50                     | 20                                             |
| 15. Улучшение транспортного обеспечения в районе                                                          | 5                                        | 100                    | 50                                             |
| 16. Благоустройство рекреационных зон                                                                     | 2                                        | 50                     | 10                                             |
| 17. Улучшение бытового обслуживания                                                                       | 6                                        | 90                     | 54                                             |
| 18. Расширение судоходства в нижнем бьефе                                                                 | 5                                        | 50                     | 25                                             |
| 19. Воздействия на человека, обусловленные устойчивым земледелием и лесоводством в результате ирригации   | 9                                        | 100                    | 90                                             |
| 20. Уменьшение заболеваний, вызванное улучшением водоснабжения и санитарных условий                       | 8                                        | 80                     | 64                                             |
| 21. Расширение гавани в эстуарии                                                                          | 4                                        | 50                     | 20                                             |
| <b>В. Противоречивые воздействия</b>                                                                      |                                          |                        |                                                |
| 22. Воздействие новых поселений на переселенных людей                                                     | 9                                        | 100                    | 90                                             |
| 23. Изменение микроклимата зоны                                                                           | 1                                        | 50                     | 5                                              |
| 24. Уменьшение затопления в нижнем бьефе                                                                  | 7                                        | 90                     | 63                                             |
| 25. Изменение видов диких животных, популяций насекомых и растений и ежегодных болезней в орошаемых зонах | 7                                        | 50                     | 35                                             |
| 26. Развитие туризма                                                                                      | 3                                        | 50                     | 15                                             |
| 27. Развитие новых видов промышленности                                                                   | 8                                        | 70                     | 56                                             |

ного воздействия фактора как произведение балла на вероятность в процентах.

На рис. 25 показана схема территории, которая будет находиться под воздействием водохозяйственной системы и гидроузла. На схеме числа в кружках указывают факторы воздействия в результате гидротехнического строительства, содержащиеся в табл. 8. Хотя подобные схемы и таблицы не являются точными с научной точки зрения, они помогут лицам, принимающим решение о строительстве, не упустить какие-либо факторы воздействия.

Указанная методика несколько в другой интерпретации находит применение в отечественных проектных проработках. Так, при заполнении граф 2 и 3 используется способ экспертных оценок. Кроме того, в некоторых случаях полезно получать интегральный показатель эффективности нового гидротехнического строительства на базе многофакторного анализа.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На XI и XII конгрессах СИГБ в широкой постановке обсуждались вопросы взаимодействия объектов гидротехнического строительства — больших плотин и водохранилищ — на окружающую среду. Подчеркивалось, что плотиностроение в целом ведется для улучшения среды обитания человека на планете. Улучшение условий проживания людей во многих регионах с учетом роста народонаселения невозможно без создания водохранилищ и, следовательно, плотин.

Одновременно с этим главным выводом отмечается, что при массовом строительстве плотин, происходящем в XX веке, имеют место такие последствия, которые отрицательно воздействуют на окружающую среду. Защита окружающей среды в настоящее время является важнейшей социальной, экономической и технической задачей, носящей глобальный характер.

Примеры негативного влияния плотиностроения на природную среду, приведенные в докладах, позволяют сделать два основных заключения, а именно: уже на современном этапе научно-технического прогресса могут быть найдены решения и осуществлены меры по защите окружающей среды; для реализации указанной задачи необходимо еще шире развернуть комплекс научных исследований по природоохранной тематике в гидротехнике и смежных областях, переходя от прикладных разработок к фундаментальным исследованиям.

Большинство специалистов, исследующих физико-технические проблемы воздействия плотин на окружающую среду, считают первостепенными для изучения следующие вопросы: заиление водохранилищ и эрозия почв, гидрологический режим рек в нижних бьефах плотин, изменение гидрологических условий в зоне водохранилищ, управление качеством воды в водохозяйственных системах, изменение климатических характеристик, анализ сейсмических процессов в районе больших плотин и водохранилищ.

Биологическое воздействие плотин и водохранилищ рассматривалось на конгрессах на уровне популяризации важности проблемы для гидротехников. В докладах содержатся сведения о негативных проявлениях и методах их преодоления в связи с концентрацией питательных веществ в водоемах; изменениями флоры и фауны. Кроме того, указывалось на необходимость уничтожения насекомых, распространителей болезней.

Проблемы биологического и в более широкой постановке экологического воздействия водохранилищ на окружающую природную среду являются новым направлением для изучения и научных исследований.

Приходится констатировать, что данных натурных наблюдений по рассматриваемому вопросу явно недостаточно. Представляется необходимым в больших масштабах вести исследования и накапливать фактические данные об экологических процессах в водохранилищах, расположенных в различных регионах страны. Целесообразно также усилить работы по математическому моделированию функционирования экологических систем в связи с регулированием стока рек.

Сооружение больших плотин оказывает значительное воздействие и на самого человека. Здесь в первую очередь подчеркнем основное целевое назначение гидроузлов:

- борьба с паводками, позволяющая избежать человеческих жертв и значительных материальных убытков;

- развитие орошения как основного рычага для решения проблемы питания растущего населения планеты;

- развитие водоснабжения, обеспечивающего питьевой водой в условиях, благоприятных для здоровья и комфорта в быту и на производстве;

- развитие водного транспорта, энергетики и в целом промышленности, что повышает материальное благосостояние людей;

- развитие туризма, спорта, отдыха.

Перечисленные «классические» функции известны гидротехникам. Дополнительно на конгрессах было обращено внимание на необходимость продолжить исследования по миграции населения, связанной с плотиностроением. Кроме того, с ростом общей культуры населения во многих странах будут возрастать требования

к эстетическому и художественному оформлению плотин и гидроузлов. Так, плотины из грунтовых материалов должны наилучшим образом вписываться в естественную среду. Плотины из бетона должны в большей мере отвечать запросам людей своими архитектурными формами и монументальностью.

В вопросах взаимодействия в системе «человек — плотина — водохранилище» особое внимание надлежит обращать на планировку зон защиты береговой линии, безопасность населения в нижнем бьефе, надежность плотин в чрезвычайных ситуациях.

Экономическая эффективность существующих и вновь создаваемых плотин и водохранилищ подтверждена многолетним предшествующим опытом. Отмечается лишь целесообразность и необходимость совершенствования методики расчетов по экономическому обоснованию плотин. Предлагается полнее учитывать экономические последствия природоохранных мероприятий. В этой области достижения отечественной науки весьма значительны, но зарубежный опыт также заслуживает внимания.

Таким образом, перед специалистами, занятыми научным обоснованием, изысканием, проектированием, строительством и эксплуатацией плотин и водохранилищ, стоят новые сложные задачи, обусловленные необходимостью защитить окружающую среду от возрастающего влияния антропогенного фактора.

Возведение бетонных плотин и создание водохранилищ будет продолжаться во многих странах. Объекты гидротехнического строительства — это тот рычаг, который позволяет рационально использовать и охранять водные ресурсы.

Потребности народного хозяйства СССР в регулировании стока рек при их комплексном использовании обуславливают возможность и целесообразность дальнейшего использования гидроэнергетического потенциала поверхностных вод суши.

На XXVI съезде КПСС утверждены «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», которыми предусматривается форсированный ввод гидроэлектрических станций. К 1985 г. выработка электроэнергии на ГЭС должна быть доведена до 230—235 млрд. кВт·ч.

Намечено осуществить строительство крупных ГЭС на реках Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии с учетом комплексного использования гидроресурсов; гидроаккумулирующих электрических станций в европейской части страны, а также продолжить исследования и проектно-изыскательские работы по приливным электростанциям. Следует полнее использовать гидроэнергетические ресурсы малых рек.

Весьма важным обстоятельством, диктующим ускорение темпов гидроэнергетического строительства, является необходимость повышения живучести сложных больших систем энергетики. Эта задача должна решаться при возрастающем учете природоохранных требований.

Отметим, что при анализе негативных для природы последствий создания ГЭС имеются в виду в первую очередь значительные затопления земель. Однако в этом вопросе за последние годы произошли существенные сдвиги: гидроэнергетическое строительство переместилось в отдаленные, малонаселенные регионы; ГЭС возводят с большим напором, чем в 40—50-х годах, и на реках с большим уклоном дна; найдены наиболее экономичные участки рек для их освоения. Все это позволило уже в десятой пятилетке уменьшить удельные показатели по затоплению сельскохозяйственных земель для выработки 1 млрд. кВт·ч электроэнергии в 4 раза по сравнению с девятой пятилеткой.

Уменьшить площади затопления при создании водохранилищ можно, применяя рациональные технические решения. Например, создание ГЭС по деривационным схемам; возведение дамб обвалования в мелководных зонах водохранилищ; освоение гидроэнергетических ресурсов малых рек; возведение приливных электрических станций на побережье Баренцева, Белого и Охотского морей; повышение удельного веса ГАЭС в составе энергосистем.

Гидроэлектрические станции как источник энергии оказывают мало влияния на природную среду и являются собой пример «чистого производства». Однако эти установки порождают крупные водохранилища, изменение гидрологического режима рек в нижнем бьефе, и их следует относить к наиболее существенному антропогенному фактору воздействия на природу. Эксплуатация

водохранилищ ГЭС невозможна без учета требований защиты и охраны водных ресурсов.

Рост народонаселения и потребность в увеличении продовольствия потребуют в будущем создавать новые водохранилища. Меняются также функции ранее созданных водохранилищ на реках европейской части, Средней Азии и Закавказья, которые перераспределяют сток рек в годовом и многолетнем разрезе для удовлетворения потребностей населения в пресной воде. Если в предшествующий период водохранилища возводились для управления стоком рек и его регулирования, то теперь стоит новая сложная задача управления качеством пресной воды. Надлежит приступить к регулированию твердого стока рек. Из опыта последних лет известно, что задерживать весь твердый сток в верхнем бьефе плотин нельзя, особенно для тех водотоков, которые несут крупные и мелкие фракции грунта на пляжи Черного моря.

Намеченный круг вопросов свидетельствует о том, что в реализации решений XXVI съезда КПСС по созданию крупных водохранилищ совместно с гидротехниками активное участие должны принимать специалисты других областей знаний. Например, рекреационное использование водохранилищ ГЭС подразумевает комплекс мероприятий для восстановления активной жизнедеятельности людей. Это отдых, водный спорт, туризм и даже эстетическое восприятие ландшафтов, которые позже положительно сказываются на производительности труда в промышленности и сельском хозяйстве. На Волжских и Днепровских водохранилищах, вновь созданных водохранилищах Сибири в летний период пребывают несколько миллионов отдыхающих и туристов.

Анализ статистических данных показывает: стремясь на природу люди в массе своей с большим удовлетворением воспринимают не естественный природный ландшафт, а ландшафт с вкраплением антропогенного фактора. Об этом свидетельствует усиливающийся приток туристов на Красноярскую, Саяно-Шушенскую, Братскую, Волжские и Днепровские ГЭС. В США ежегодно 60 млн. чел. посещают места, связанные с искусственными водохранилищами. Эта новая функция водохранилищ также должна приниматься во внимание, когда стоит вопрос об экономической эффективности создания искусственных водоемов.

При правильной организации рыбного хозяйства в бьефах ГЭС и создании условий для разведения водоплавающих птиц оценка затопляемых земель при создании водохранилищ должна производиться не только в негативном свете, как это делается в настоящее время. Известно, что в средней полосе европейской части СССР с 1 га водной поверхности можно получить больше белковой массы, чем с 1 га сельскохозяйственных угодий. В воде фотосинтез протекает активнее, чем на поверхности суши. К сожалению, мы не научились еще умело хозяйствовать на огромных просторах искусственных водохранилищ.

Актуальные вопросы взаимодействия в сложной системе «плотина — водохранилище — окружающая среда» требуют дальнейших исследований и своевременного обобщения накапливаемого опыта.

#### ДОКЛАДЫ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ НА XI И XII КОНГРЕССАХ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОМИССИИ ПО БОЛЬШИМ ПЛОТИНАМ

##### Вопрос № 40 «Влияние строительства плотин на окружающую среду»

- Д-40-1. S. Fremling (Sweden). Changes of the ice regime in Swedish rivers due to the development of the hydro-electric power.
- Д-40-2. O. Catakli, K. Ozal, R. Kutan (Turkey). On some international aspects of dam construction.
- Д-40-3. I. Unsal (Turquie). Sur la propagation des ondes de submersion dans un canal en écoulement non uniforme.
- Д-40-4. T. Esen (Turkey). The influence of the construction of Keban dam upon its surroundings.
- Д-40-5. Groupe de Travail du Comité Français: M. Thevenin, J. Labonde, M. Gras, M. Leynaud, M. Mangerel (France). Modification de la qualité de l'eau dans les lacs artificiels de barrages. Le cas du barrage Seine.
- Д-40-6. E. Gruner (Switzerland). Classification of risk.
- Д-40-7. D. Jovanovic (Australia). Some effects on the environment of the building of dams in East Africa.
- Д-40-8. H. W. Koenig, E. Waelter (Federal Republic of Germany). Resettlement of population and commercial and industrial enterprises by the erection of reservoirs in the catchment area of Ruhr river.
- Д-40-9. P. Santema, R. Klamp (Netherlands). The Netherlands' Delta-project: its environmental impact.
- Д-40-10. B. Rodhe (Sweden). The effect of lake regulation on local climate.
- Д-40-11. Y. Hanayama (Japan). The influences of dam building upon the people within reservoir site or in circumference of reservoir.
- Д-40-12. H. Herzog (Hungary). Method for the evaluation of the significance of storage dams.
- Д-40-13. Z. Zanev, D. Dobrev (Bulgaria). Changes in some local conditions due to the construction of dams.
- Д-40-14. R. F. Phelines, M. Coke, S. M. Nicol (Republic of South Africa). Some biological consequences of the damming of the Pongola river.
- Д-40-15. A. Elliot (USA). Consequences on the environment of the TVA reservoir system.
- Д-40-16. L. Armstrong (USA). Dam construction and the environment.
- Д-40-17. A. Smith (USA). A detrimental effect of dams on environment. Nitrogen supersaturation?

- Д-40-18. V. Phillips, L. Georgeson (USA). Environmental considerations of dam construction and operation in seismically active urban areas.
- Д-40-19. F. Dubley, T. Bristow (USA). Pentenwell-castle rock, twenty years later.
- Д-40-20. G. Lenssen Federal Republic (of German). The construction of a storage reservoir and its influence exercised on the regional infrastructure.
- Д-40-21. B. M. Mc. Intosh, J. H. S. Gear, R. J. Pitchford (Republic of South Africa). The consequences on the environment of building dams: biological effects with special reference to medical aspects.
- Д-40-22. H. W. Koenig, E. A. Nusch (of Federal Republic German). The influence of settlement and recreational activities on reservoirs in the Rhinish-Westphalian industrial area.
- Д-40-23. T. D. Ruxton, A. J. E. Smith (Great Britain). Environmental effects of building dams in the Dee Estuary.
- Д-40-24. E. T. Haws, F. O. Legg (Great Britain). Saline underseepage problems at Chowilla dam.
- Д-40-25. M. F. Kennard (Great Britain). Cow green reservoir and its environment.
- Д-40-26. H. Asada (Japan). Prediction of sediment bed profile in reservoir and river bed deformation. A practical method and some examples of calculation.
- Д-40-27. B. Mickiewicz (Poland). Improvement of forest biotope conditions on the adjoining areas of low land reservoir.
- Д-40-28. J. L. Moinshull (Zimbabwe). The establishment of a fishery among the resettled Batonka people at lake Kariba, Rhodesia (Zimbabwe).
- Д-40-29. G. W. Begg (Zimbabwe). The biological consequences of discharge above and below Kariba dam.
- Д-40-30. Working Group of the Czechoslovak National Committee on Large Dams (Czechoslovakia). Relation of water supply reservoirs to their environment.
- Д-40-31. A. Diacon, C. Constantinescu, S. Dragu, R. Mihai (Roumanie). Modifications physiques dans le milieu environnant, déterminées par des barrages et des usines, en Roumanie.
- Д-40-32. Groupe de Travail du Comité Français: MM. de la Jarrige et Plishon, MM. Coffy, Gautier, Londe, Pestre, Mile Richard, M. Savey (France). Modifications apportées aux activités humaines par la réalisation de barrages.
- Д-40-33. B. Pavlin (Yougoslavie). Establishment of subsurface dams and utilization of natural subsurface barriers for realization of underground storages in the coastal karst spring zones and their protection against seawater intrusion.
- Д-40-34. R. Rajar (Yougoslavie). Modèle mathématique et abaques sans dimensions pour la détermination de L'écoulement qui suit la rupture d'un barrage.
- Д-40-35. Groupe de Travail du Comité Français: J. A. Rodier, R. Deschiens, Mile C. C. Nordau, M. G. Quelehne, B. Dussart, Jamme, M. Braquaval, M. Mouraret, T. H. Mohod (France). Influence biologique de l'aménagement de retenues en régions tropicales.
- Д-40-36. Groupe de Travail du Comité Français: M. de Carmantrand, M. M. Baldy, Gachelin, Lepalud, Portier, Riquois (France). L'aménagement mixte du Verdon et la protection de la qualité des eaux.
- Д-40-37. S. Buttling, T. L. Shaw (Great Britain). Predicting the rate and pattern of storage loss in reservoirs.
- Д-40-38. M. Mostarlic (Yougoslavie). Méthode pour la définition et le contrôle des effets nocifs des eaux retenues dans la zone riveraine du système hydro-énergétique et de navigation de Djerdap (Portes de Fer).
- Д-40-39. A. Bottomley, C. Clarke (Great Britain). Evaluation of the effects of irrigation dams in developing countries.
- Д-40-40. A. James (Great Britain). A simulation approach to the modelling of eutrophication in reservoirs.
- Д-40-41. Groupe de Travail du Comité Français: J. C. Lebreton, J. Mathian, N. Perdreau (France). Influence des barrages sur le débit solide et évolution du profil en long des cours d'eau.
- Д-40-42. Groupe de Travail du Comité Français: P. Combelles, A. Lebreton, J. C. Lebreton, L. Reynaud (France). Mesures prises en France pour faciliter la protection des populations à l'aval des barrages; réglementation et calcul des zones submergées.
- Д-40-43. P. Kivinen, M. Kuuskoski (Finland). The consequences on the environment of the man made lake of Lokka.
- Д-40-44. O. Ganser (Austria). Precautions for the protection of the population in the case of danger from storage schemes.
- Д-40-45. E. Stefko, R. Widman (Austria). Reservoirs and the environment in the high mountains.
- Д-40-46. R. Kellerhals, D. Gill (Canada). Observed and potential downstream effects of large storage projects in Northern Canada.
- Д-40-47. A. J. O'Connor, G. H. D. Ganong, A. Y. Gordon (Canada). The Mactaquac development, effects on environment.
- Д-40-48. R. Kellerhals, D. Gill (Canada). Evaluating the impact of large dams on the environment.
- Д-40-49. S. K. Jain, J. P. Noegamvala, S. R. Sahasrabudhe (India). Impact of Damodar Valley reservoirs on the environmental status of the region.
- Д-40-50. J. Roden, V. Wanhainen (Sweden). Contribution to the problem of environmental conservancy in dam and power station construction.
- Д-40-51. J. Feijoo, F. Fz. Fole (Spain). The noise in the construction of dams.
- Д-40-52. I. Castro (Spain). The Aesthetics of the dams.
- Д-40-53. P. Oberleitner (Austria). The influence of Austrian river power plants on the environments.
- Д-40-54. Z. Kinawy, T. A. Wafa, A. H. Labib, W. K. Shenouda (Egypt). Effects of sedimentation in high Aswan dam reservoir.
- Д-40-55. M. Palancar, Penella (Spain). Positive effects of reservoirs on the environment.
- Д-40-56. E. N. Kumi (Ghana). Environmental effects of the Volta river project.
- Д-40-57. N. A. Nilsson (Sweden). Biological effects of water-power

exploitation in Sweden and means of compensation for damage.

- Д-40-58. S. EL Zein, R. G. T. Lane (Sudan). Engineering implications of the environmental study of some dams in Africa, with particular reference to seismicity.
- Д-40-59. I. Z. Kinawy, O. E. El-Ghamry (Egypt). Some effects of the high dam on the environment.
- Вопрос № 47. «Влияние некоторых факторов окружающей среды на строительство плотин и водохранилищ»
- Д-47-1. F. Hartung, J. Knauss (Federal Republic of Germany). Barrages with gateless built-in diversion devices for constant discharge under extreme variation of afflux.
- Д-47-2. F. Hartung, J. Knauss (Federal Republic of Germany). Considerations for spillways exposed to dangerous clogging conditions.
- Д-47-3. H. Arthur, G. Center (USA). Effects of some environmental factors on design and construction of Teton dam.
- Д-47-4. G. Holmes, J. Sturgill (USA). Preproject and postproject turbidity at Lost Creek dam, Oregon.
- Д-47-5. R. Hausser, F. Fonseca, R. Larinière (Canada). Conception et exploitation des ouvrages hydro-électriques en présence de glace.
- Д-47-6. J. Maza Alvarez (Mexico). Solid material contributed by a watershed and its variation when modified.
- Д-47-7. T. Naomura, S. Aki (Japan). Long-term persistence of turbid water phenomenon in Hitotsuse reservoir.
- Д-47-8. J. Houis, R. Paubel, J. Sourzat (France). Inventaire des effets de l'environnement sur la conception et l'exploitation des barrages et de leur retenue.
- Д-47-9. K. Lied, A. Palmstrom, B. Schieldrop, I. Torblaa (Norway). Dam Tunsbergdalsvatn — A dam subjected to waves generated by avalanches, and to extreme floods from a glacier lake.
- Д-47-10. J. Lefevre, M. Reslin, B. de Carmantrand, J. Evrard, P. Huynh (France). La qualité de l'eau en tant que facteur d'environnement Effects sur la conception et la disposition de quelques ouvrages.
- Д-47-11. O. Yücel (Turkey). Model investigations of reservoir sedimentation.
- Д-47-12. A. Jaime Quadiana, H. Chapa Saldana (Mexico). Water Hyacinth in Mexico: Problems and solutions.
- Д-47-13. F. Villegas, O. Mejia, G. Sanchez (Colombia). Construction of an earth dam built of silt in Colombia under extremely rainy weather (annual precipitation 6.210 mm).
- Д-47-14. J. Murray (India). Nizamsagar project. Problems of sedimentation effects on irrigated area and remedial measures.
- Д-47-15. G. Groher (Norway). The effects of frost and acid water on Norwegian reinforced concrete dams.
- Д-47-16. J. Kilpelainen, M. Lounamaa (Finland). Climatological effects on dam design and construction on the Kemi river.
- Д-47-17. R. Partl (Austria). Quantitative analyses of reservoir sedimentation.
- Д-47-18. G. Gangardt, L. Louferova (USSR). Effect of environmental factors on water storage reservoirs. Causes of water bloom in storage reservoirs and its control.

- Д-47-19. V. Vlček (Tchécoslovaquie). Incidences multiples du projet d'aménagement de la Moravie du sud.
- Д-47-20. L. Votruba (Tchécoslovaquie). L'influence du changement annuel de la température sur les barrages et les réservoirs.
- Д-47-21. A. Rooseboom (South Africa). Reservoir sediment deposition rates.
- Д-47-22. J. Whitmore, P. Reid (South Africa). The influence of changing land use on inflow to reservoirs.
- Д-47-23. U. Nänni (South Africa). The effect of forests on runoff.
- Д-47-24. F. Budweg (Brazil). Effects of the environment on reservoirs and dams in South Africa.
- Д-47-25. B. Kordas, J. Ratomski (Poland). Hydraulic method of sedimentation forecasting in reservoirs.
- Д-47-26. A. Spilman, Cl. Ben (Brazil). The effect of landslide on Furnas reservoir.
- Д-47-27. E. Vallarino, L. Zapigo (Espagne). Action des eaux acido-ferrugineuses dans les réservoirs régulateurs.
- Д-47-28. Ruiz de la Torre, J. Ortez Casas, J. Varela Nieto (Spain). Erosion in feeding basins of Spanish reservoirs; its influence on dams.
- Д-47-29. K. Vlastos (Greece). Problems from siltation and floating debris et certain reservoirs of the PPC of Greece.
- Д-47-30. F. Lugiez (France). Problèmes de sédimentation dans les retenues.
- Д-47-31. S. Morpurgo and A. Brezzi (Italy). Influence of climate conditions on Chivor dam construction.
- Д-47-32. Zhang Hao, Xia Mai-Ding, Chen Shi-Ji, Li Zhen-wu, Xia Heng-Bin, Jiang Nai-Sen, Lin Bin-Wen (China). Regulation of sediments in some medium and small sized reservoirs on heavily silt-laden streams in China.

# СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

**Автотроф** — организм, синтезирующий из неорганических веществ все необходимые для жизни органические вещества, используя энергию фотосинтеза.

**Бентос** — организмы, обитающие на дне пресных водоемов, морей и океанов.

**Гиполимнион** — холодный слой воды в водоеме с малым содержанием кислорода, лежащий ниже подслоя воды, в котором происходит быстрое изменение температуры.

**Зоопланктон** — совокупность животных организмов, населяющих всю толщу водоемов и переносимых течением.

**Качество воды** — характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для водопользования.

**Лизис** — растворение, разрушение клеток, в том числе микроорганизмов.

**Макрофиты** — водоросли, видимые невооруженным глазом.

**Популяция** — совокупность особей одного вида, занимающая более или менее длительно определенное пространство и воспроизводящая себя в течение большого числа поколений.

**Сукцессия** — последовательная замена сообщества организмов на определенном участке местообитания при продвижении к устойчивому состоянию (климаксу).

**Термоклина** — слой воды, в котором происходит резкое изменение температуры. Термоклина отделяет эпилимнион от гиполимниона.

**Фитобентос** — совокупность растительных организмов, обитающих на дне водоемов.

**Фитопланктон** — совокупность микроскопических растительных организмов, населяющих всю толщу водоемов и переносимых течением.

**Фотосинтез** — превращение зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами лучистой энергии солнца в энергию химических связей органических веществ.

**Цветение вод** — массовое развитие фитопланктона, вызывающее изменение окраски воды.

**Эвтрофикация** — процесс обогащения водоемов питательными веществами.

**Эвтрофный водоем** — водоем высокой продуктивности с большим содержанием питательных веществ.

**Экологическая ниша** — исторически определившееся положение видов в сообществе, которое выражается в разделении мест обитания, приобретения разной специализации.

**Эпилимнион** — теплый поверхностный слой воды в водоеме, богатый кислородом.

# Указатель плотин

## А

Айс-Харбор 40  
Ана 90  
Арасава 86  
Асуанская 26, 110, 112  
Асуит 112  
Аяминами 86

## Б

Барклей 70  
Бенит 80  
Бёрг 110  
Бёхентале 110  
Бигге 72, 73  
Бонневиль 39, 40  
Братская 25, 64, 130  
Брилэ-Мир 19

## В

Ван-Норман 83  
Вассерфаллбоден 110  
Видершвинг 110  
Волжская имени XXII съезда КПСС 36, 64, 130  
Волжская имени В. И. Ленина 130  
Восточная Шельда 18  
Вольта 30, 31

## В

Герлос 110  
Гранд-Кули 32, 60  
Гревеллинген 18  
Гуантин 115

## Д

Даллес 40  
Джон-Дей 40  
Днепроовская 64, 130  
Днепродзержинская 35  
Дуглас 66

Дурлассбоден 109

## Ж

Желивка 102  
Женжилян 117

## З

Западная Шельда 18  
Зегрзе 55  
Зейская 64

## И

Игарская 88  
Ингурская 32  
Исна 112

## К

Кариба 28, 29  
Каттетрупефорсен 21  
Кебан 90, 91  
Кентукки 67  
Красноярская 25, 64, 130  
Кременчугская 35

## Л

Лас-Портас 104  
Литтл-Газ 39, 40  
Лоуер-Гранит 39  
Лоуер-Моументал 40  
Люнерзее 94

## М

Мак-Нери 39, 40  
Мамаканская 64  
Мангла 109  
Мануэл-Авила-Камачо 44  
Маргаритце 109, 110  
Масуцава 86  
Мерчисон 29  
Миборо 86  
Мива 86  
Мингечаурская 64, 100  
Миягава 86  
Моозербоден 110

## Н

Нагасе 86  
Наг Хамади 112  
Напаиро 86  
Насер 109  
Нижнеангарская 88  
Норрис 66, 68  
Нурекская 32, 64  
Нюгами 86

## О

Оберн 59  
Осиновская 88

## П

Пазбло 59  
Подкаменно-Тунгусская 88

## Р

Рогунская 32  
Розов-Кладенец 37  
Рыбинская 36

## С

Сакума 86  
Саннокаи 86  
Сант-Яго 104  
Саратовская 64  
Сасаогава 86  
Саяно-Шушенская 64, 130  
Сен-Валье 80  
Сен-Фернандо 82, 83, 84  
Силвретта 109, 110  
Среднеенисейская 88

## Т

Табка 90, 91  
Тагокура 86

Такакума 86  
Такане 86  
Тамаяма 86  
Токтогульская 32  
Тори 86  
Туруханская 88

## У

Усть-Илимская 25, 64

## Ф

Фонтана 67

## Х

Хадиса 90  
Хайяинсин 116  
Харингвлит 18  
Хейсонлин 114, 115, 116  
Хейсоншин 113  
Хеншан 116  
Хивасси 67  
Хисмофорс 21

## Ц

Цимлянская 36

## Ч

Чероки 66  
Човилла 27  
Чиркейская 32, 64

## Ш

Шеншилан 114  
Шияшида 86

## Я

Якува 86

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Предисловие                                                                                         | 3  |
| Глава первая. Плотины и водохранилища — антропогенная нагрузка на природную среду                   | 8  |
| 1. Воздействие гидротехнических объектов на экологические процессы                                  | 8  |
| 2. Эволюция экосистемы в результате водохозяйственного строительства                                | 11 |
| 3. Краткая экологическая характеристика Дельтапроекта                                               | 17 |
| Глава вторая. Изменение географо-гидрологических и сейсмических условий после создания водохранилищ | 20 |
| 4. Воздействие водохранилищ на микроклимат и режим рек                                              | 20 |
| 5. Изменения гидрологических и гидрогеологических условий после создания водохранилищ               | 25 |
| 6. Сейсмическая активность, вызванная водохранилищами                                               | 28 |
| Глава третья. Гидробиологический режим и качество воды в водохранилищах и нижних бьефах плотин      | 32 |
| 7. Гидробиологические фазы существования водохранилищ                                               | 32 |
| 8. Цветение воды в водохранилищах                                                                   | 33 |
| 9. Увеличение концентрации азота в реках при каскадном строительстве гидроузлов                     | 38 |
| 10. Борьба с водным гиацинтом                                                                       | 44 |
| 11. Моделирование отдельных процессов эвтрофикации                                                  | 47 |
| Глава четвертая. Влияние гидротехнических объектов на ландшафты                                     | 52 |
| 12. Гидроэнергетическое строительство в Австрии                                                     | 52 |
| 13. Влияние водохранилищ на лесные массивы                                                          | 55 |
| 14. Деятельность Бюро мелиорации США по защите окружающей среды                                     | 58 |
| 15. Эстетическое восприятие плотин                                                                  | 60 |
| Глава пятая. Влияние гидростроительства на инфраструктуру регионов и условия жизни населения        | 65 |
| 16. Использование и охрана природных ресурсов бассейна р. Теннесси                                  | 65 |
| 17. Воздействие гидроэнергетических объектов на инфраструктуру в ФРГ                                | 71 |
| 18. Влияние плотиностроения на условия жизни населения во Франции                                   | 78 |
| 19. Воздействие гидроузла Кебан на развитие экономики Турции                                        | 81 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 20. Сейсмическая устойчивость плотин — основа безопасности населения в Калифорнии         | 82  |
| 21. Влияние плотиностроения на миграцию населения в Японии                                | 85  |
| 22. Влияние гидростроительства на инфраструктуру регионов в СССР                          | 87  |
| Глава шестая. Правовые вопросы при создании плотин на пограничных реках                   | 89  |
| 23. Некоторые международные аспекты плотиностроения на р. Евфрат                          | 89  |
| 24. Сигнальная система оповещения при аварии плотин                                       | 94  |
| Глава седьмая. Санитарно-технические проблемы при создании гидроузлов                     | 97  |
| 25. Медицинские аспекты водохозяйственной деятельности в странах Африки                   | 97  |
| 26. Требования к водохранилищам для водоснабжения                                         | 100 |
| 27. Акустические загрязнения атмосферы при строительстве плотин                           | 103 |
| Глава восьмая. Влияние водохранилищ на твердый сток рек                                   | 107 |
| 28. Предварительный расчет ожидаемого объема наносов                                      | 107 |
| 29. Влияние водохранилища высотной Асуанской плотины на твердый сток                      | 110 |
| 30. Регулирование взвешенных наносов водохранилищами на реках Китая                       | 113 |
| Глава девятая. Оценка эффективности больших плотин и гидроузлов                           | 117 |
| 31. Экономические оценки больших плотин                                                   | 117 |
| 32. Оценочные подходы при обосновании нового строительства гидроузлов                     | 120 |
| Заключение                                                                                | 127 |
| Доклады, представленные на XI и XII конгрессах Международной комиссии по большим плотинам | 133 |
| Словарь терминов и определений                                                            | 138 |
| Указатель плотин                                                                          | 139 |

*Юрий Сергеевич Васильев*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО  
БОЛЬШИХ ПЛОТИН. Вып. 7

**ВЛИЯНИЕ ПЛОТИН И ВОДОХРАНИЛИЩ  
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Редактор издательства Т. П. Готман  
Технический редактор Н. Н. Хотулева  
Корректор Н. А. Смирнова  
ИБ № 2361

Сдано в набор 18.11.81 Подписано в печать 26.01.82 Т-00330  
Формат 84 × 108<sup>1</sup>/<sub>32</sub> Бумага типографская № 2 Гарнитура литературная  
Печать высокая Усл. печ. л. 7,56 Уч.-изд. л. 7,76  
Тираж 2000 экз. Заказ 1343 Цена 40 к.

Энергоиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

## УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Материалы XI и XII Конгрессов Международной комиссии по большим плотинам издаются в семи выпусках:

Проектирование и строительство больших плотин. Вып. 1. Розанов Н. С., Сапегин Д. Д., Гинзбург М. Б. Предварительные исследования для начальных стадий проектирования и строительства плотин/ Под ред. А. А. Борового. — М.: Энергоиздат, 1981. — 8,17 л., ил. — 40 к.

Проектирование и строительство больших плотин. Вып. 2. Розанов Н. С., Судаков В. Б. Пути удешевления и ускорения строительства бетонных плотин/ Под ред. А. А. Борового. — М.: Энергоиздат, 1981. — 8,8 л., ил. — 45 к.

Проектирование и строительство больших плотин. Вып. 3. Павлич М., Радченко В. Г., Гинзбург М. Б. Проектирование и строительство грунтовых плотин особого типа/ Под ред. А. А. Борового. — М.: Энергоиздат, 1981. — 10 л., ил. — 50 к.

Проектирование и строительство больших плотин. Вып. 4. Павлич М., Радченко В. Г., Гинзбург М. Б. Противофильтрационные устройства и крепление откосов грунтовых плотин/ Под ред. А. А. Борового. — М.: Энергоиздат, 1981. — 7 л., ил. — 35 к.

Проектирование и строительство больших плотин. Вып. 5. Складнев М. Ф., Рубинштейн Г. Л., Швайнштейн А. М. Пропуск расходов воды через плотины и гашение энергии в нижнем бьефе/ Под ред. А. А. Борового. — М.: Энергоиздат, 1981. — 8 л., ил. — 40 к.

Проектирование и строительство больших плотин. Вып. 6. Жиленков В. Н. Фильтрационные исследования плотин и их оснований/ Под ред. А. А. Борового. — М.: Энергоиздат, 1981. — 8 л., ил. — 40 к.

Проектирование и строительство больших плотин. Вып. 7. Васильев Ю. С. Влияние плотин и водохранилищ на окружающую среду/ Под ред. А. А. Борового. — М.: Энергоиздат, 1982. — 10 л., ил. — 50 к.

Приобрести книги можно во всех магазинах, распространяющих научно-техническую литературу.