

Н. В. ЗАРУБАЕВ

# КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

---

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования  
СССР в качестве учебного пособия  
для студентов гидротехнических специальностей вузов



ЛЕНИНГРАД  
СТРОЙИЗДАТ ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1976

Рецензенты: кафедра водных исследований Ленинградского гидрометеорологического института (засл. деят. науки и техники РСФСР Б. В. Проскураков); Всесоюзный институт Гидропроект им. С. Я. Жука (канд. техн. наук Г. Г. Гангардт)

Научный редактор — засл. деят. науки и техн. РСФСР М. Ф. Складнев

Зарубаев Н. В. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Учеб. пособие для вузов. Л., Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1976 г. 224 с.

Основой развития человеческого общества является рациональное использование и охрана природных ресурсов, среди которых особое место занимают поверхностные и подземные воды суши. Быстрый рост производства и материального благосостояния населения в СССР связан с увеличением расходования воды, что вызывает необходимость осуществления широкого круга мер по рациональному распределению ее, а также по предотвращению истощения водных ресурсов и охране их от загрязнения.

Рассмотрению этих вопросов в краткой форме посвящено данное учебное пособие, предназначенное для студентов гидротехнических специальностей вузов.

Табл. 20; рис. 45; список лит.: 45 назв.

*«Вода — это самое драгоценное ископаемое. Вода — это не просто минеральное сырье, это не только средство для развития промышленности и сельского хозяйства. Вода — это действенный проводник культуры, это — живая кровь, которая создает жизнь там, где ее не было».*

*Академик А. П. Карпинский*

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В условиях планомерного и быстрого развития народного хозяйства СССР все большее значение приобретают вопросы, связанные с комплексным и наиболее рациональным использованием водных ресурсов. Этому уделено большое внимание в решениях съездов КПСС, ряда пленумов ЦК КПСС и сессий Верховного Совета СССР.

В Советском Союзе на протяжении многих лет осуществляется строительство крупных гидроузлов, значительная часть которых удовлетворяет запросам гидроэнергетики, судоходства, водоснабжения, орошения и других участников водохозяйственного комплекса. Успешно претворяются в жизнь проекты орошения и осушения земель, ведутся работы по предотвращению вредного воздействия вод, создаются системы рыбоводных хозяйств.

Большое значение придается вопросам перераспределения речного стока как внутри отдельных бассейнов, так и между ними. В центре внимания находятся проблемы переброски части стока северных и сибирских рек, охраны водных ресурсов от загрязнений. Решение этих проблем будет новым крупным этапом в развитии водного хозяйства СССР.

Знание всех особенностей, присущих комплексному использованию и охране водных ресурсов, является необходимым при подготовке инженерно-технических работников, деятельность которых в той или иной степени связана с водой.

Основой для написания этой книги является часть курса лекций автора под наименованием «Комплексное использование водных ресурсов», читаемого им в соответствии с утвержденной программой на гидротехниче-

ском факультете Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина с 1962 г. План и содержание данного учебного пособия неоднократно обсуждались сотрудниками ЛПИ им. М. И. Калинина, Ленинградского отделения института Гидропроект им. С. Я. Жука, ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, Ленгипроводхоза, СевНИИГиМа и других организаций, за что автор приносит им свою глубокую благодарность.

Автор также весьма признателен проф., д-ру техн. наук Ю. С. Васильеву, сделавшему ряд ценных замечаний по содержанию книги и особенно по гл. 7.



# Глава 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

## § 1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ

Из общей площади поверхности земного шара, равной 510 млн. км<sup>2</sup>, 70,8% занимают океаны и моря и 29,2% приходится на долю суши. Запасы воды в Мировом океане оцениваются приблизительно в 1370 млн. км<sup>3</sup>, что составляет 93,96% общих водных ресурсов мира. Средняя соленость океанских и морских вод равна 35‰, или 3,5 г солей в 1 л воды.

Около 3% поверхности суши занято озерами и реками, являющимися пресными внутриматериковыми водами, их общий объем — свыше 230 тыс. км<sup>3</sup>. Эти воды представляют наибольший интерес для человечества.

Примерно 11% площади материка покрыто ледниками, объем которых достигает 24 млн. км<sup>3</sup>. При превращении всех льдов в воду уровень Мирового океана повысился бы на 64 м, что привело бы к затоплению примерно 1% поверхности суши.

Запасы подземных вод весьма значительны. Некоторые исследователи (В. И. Вернадский и др.) полагают, что объемы их близки к объему Мирового океана. При этом они рассматривают всю толщу Земли и учитывают воды, химически и физически связанные с различными горными породами и минералами. Однако более правильно рассматривать верхнюю толщу земного шара толщиной около 5 км. В этом слое содержится примерно 60 млн. км<sup>3</sup> воды, из которых около 4 млн. км<sup>3</sup> можно отнести к зоне активного водообмена.

Подземные воды бывают пресными и минерализованными. Последние могут содержать до 200—250 г солей в 1 л воды. Наиболее ценными являются пресные артезианские и межпластовые воды, используемые для водоснабжения и частично для орошения.

В поверхностных слоях суши, представленных различными почвами, содержится до 85 тыс. км<sup>3</sup> воды. Это так называемая почвенная влага, режим которой обусловлен климатом и рельефом местности. Избыток воды в почве приводит к заболачиванию территории, а недостаток — к гибели растений и резкому снижению урожайности. Поэтому приходится в широких масштабах проводить мелиоративные работы, направленные на

регулирование водно-воздушного и теплового режимов почв в нужном направлении.

Распределение воды на Земле, по данным М. И. Львовича, приведено в табл. 1. Общие запасы воды, оцениваемые примерно в 1,45 млрд. км<sup>3</sup>, составляют по отношению к объему земного шара, равному 1083 млрд. км<sup>3</sup>, всего лишь 0,13%. Практически это можно представить в виде тонкой водяной пленки, покрывающей большой шар.

В первом приближении можно считать, что запасы воды, пригодной для использования без проведения специальных мероприятий, оцениваются

Таблица 1

Запасы воды в различных частях гидросферы

Часть гидросферы	Объем, тыс. км <sup>3</sup>	Количество по отношению к общему объему гидросферы, %
Мировой океан . . . . .	1 370 323	93,96
Все подземные воды* . . . . .	60 000	4,12
Ледники . . . . .	24 000	1,65
Озера . . . . .	280	0,019
Почвенная влага . . . . .	85	0,006
Пары атмосферы . . . . .	14	0,001
Реки . . . . .	1,2	0,0001
<b>Итого</b>	<b>1 454 193</b>	<b>100</b>

\* В том числе подземные воды, относящиеся к зоне активного водообмена, около 4000 тыс. км<sup>3</sup>.

Вода, заключенная в различных частях гидросферы, находится в состоянии непрерывного движения, происходящего вследствие постоянного круговорота влаги. Испаряясь с поверхности океана и суши, вода увлажняет атмосферу. Впоследствии водяные пары конденсируются и выпадают вниз в виде дождя или снега. Осадки, выпавшие на сушу, стекают по ее поверхности в реки и озера или просачиваются в нижерасположенную толщу, где образуют подземные воды, подпитывающие водотоки и водоемы.

Общее уравнение водного баланса в пределах всего земного шара может быть представлено в виде следующего равенства:

$$I_0 + I_c = O_0 + O_c, \quad (1)$$

где  $I_0$  и  $I_c$  — испарение с поверхностей океана и суши;  
 $O_0$  и  $O_c$  — осадки на поверхности океана и на поверхности суши.

всего лишь около 5—6 тыс. км<sup>3</sup>, что равно 0,3—0,4% объема всей гидросферы, т. е. объема всей свободной воды на Земле.

В связи с быстрым ростом народонаселения и интенсивным развитием производства, сопровождающимся все большим потреблением воды, особое значение приобретают вопросы комплексного использования и охраны водных ресурсов. Решение этих вопросов необходимо прежде всего потому, что уже сейчас многие страны испытывают дефицит чистой воды.

Соответствующие среднемноголетние объемы воды элементов водного баланса (в км<sup>3</sup>), по данным М. И. Львовича, приведены ниже.

Испарение с океана . . . . .	452 600
» » суши . . . . .	72 500
Суммарное испарение:	
Осадки на поверхности океана . . . . .	411 600
» » » суши (за исключением бессточных районов) . . . . .	106 000
То же, в бессточных районах . . . . .	7 500
Суммарные осадки:	
	525 100

Схема мирового влагооборота показана на рис. 1.

Вследствие круговорота в гидросфере происходит постоянный обмен водных масс. Так, за счет океанских течений производится смена всех вод Мирового океана за 63 года. Значительно быстрее эти процессы протекают на суше. В частности, вода в реках меняется около 30 раз в год. Гораздо медленнее это происходит в озерах. Вода, содержащаяся в атмосфере, меняется до 40 раз в год.

Весьма долго протекают процессы, связанные с обменом запасов глубинных подземных вод. Как правило, необходимое для этого время возрастает по мере увеличения глубины распространения таких вод.

Сток рек и подземных вод составляет в среднем за год около 41 000 км<sup>3</sup>, или 8% общего объема воды, совершающего круговорот на Земле. По отношению к количеству осадков, выпадающих на суше, сток равен 36,4%. Это отношение принято называть коэффициентом стока, величина его изменяется в зависимости от физико-географических условий того или иного района.

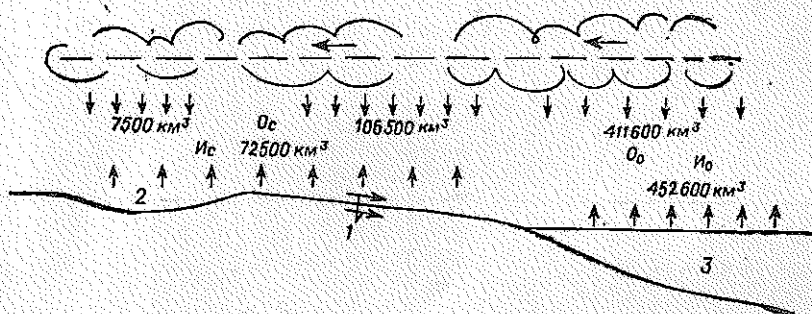


Рис. 1. Схема мирового влагооборота

1 — поверхностный и подземный стоки — 41 000 км<sup>3</sup>; 2 — бессточные области; 3 — океан

Из общего мирового объема стока около 750 км<sup>3</sup> относится к бессточным районам. В их число входят пустыни и полупустыни, а также реки и их притоки, которые впадают в моря. Следует заметить, что примерно 40% этого стока приурочено к бассейну Каспийского моря, имеющему площадь около 1,8 млн. км<sup>2</sup>.

Распределение речного стока между некоторыми государствами показано в табл. 2. Приведенные цифры свидетельствуют о том, что, несмотря на значительный объем речного стока, водообеспеченность населения Китая и Индии значительно ниже, чем в других странах.

Таблица 2

Ресурсы речного стока некоторых стран мира  
(по данным 1971 г.)

Страна	Площадь территории, млн. км <sup>2</sup>	Население, млн. чел.	Средне-многолетний сток, км <sup>3</sup>	Удельная водность на 1 жителя, тыс. м <sup>3</sup> /год
Бразилия . . . . .	8 510	95,3	5668	59,5
СССР . . . . .	22 275	250,0*	4384	17,5
Китай (с островами) . . . . .	9 600	759,6	2880	3,79
Канада . . . . .	8 700	21,4	2740	128,0
США . . . . .	9 400	205,4	2345	11,4
Индия . . . . .	3 270	550,4	1586	2,88
Индонезия . . . . .	1 510	116,6	1510	13,0

\* Данные о численности населения СССР на 1973 г.

Заметный дефицит в воде испытывают многие европейские государства. Так, в Нидерландах, Бельгии и Люксембурге, Венгрии на одного человека в год приходится соответственно 0,78; 0,94 и 0,81 тыс. м<sup>3</sup> речного стока. Данные стока по наиболее крупным рекам мира приведены в табл. 3.

Таблица 3

Основные характеристики крупнейших рек мира

Река	Среднего-летний сток, км <sup>3</sup>	Среднего-летний расход в устье, м <sup>3</sup> /с	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	Река	Среднего-летний сток, км <sup>3</sup>	Среднего-летний расход в устье, м <sup>3</sup> /с	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>
Амазонка	6930	220 000	7000	Парана	599	19 000	3000
Конго	1350	43 000	3670	(Ла-Плата)			
Ганг	1200	38 000	2000	Лена	536	17 000	2490
Янцзы	693	22 000	1940	Ориноко	441	14 000	1086
Брахмапутра	630	20 000	936	Иравади	441	14 000	431
Енисей	624	19 800	2580	Обь	400	12 700	2990
Миссисипи	599	19 000	3275	Меконг	378	12 000	810

## § 2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ СССР

В Советском Союзе, также как и в ряде других стран, запасы пресной воды сосредоточены в реках, озерах, ледниках и в виде подземных вод на разных глубинах от поверхности земли.

По данным 1971 г., число рек в СССР длиной более 10 км каждая превышает 150 тыс. при их общей протяженности около 4 млн. км. Кроме того, насчитывается 2,8 млн. самых малых рек общей длиной 5,6 млн. км.

Ввиду того что гидрографическая сеть в стране с каждым годом становится все более изученной, изменяется соответственно и учтенный речной сток. В настоящее время среднемноголетний речной сток в СССР равен 4384 км<sup>3</sup>. Это больше, чем во многих других странах мира, но распределение его по территории Советского Союза крайне неравномерно. Так, на долю Северного Ледовитого океана приходится 60,2%, в то время как в бассейны Тихого и Атлантического океанов поступает соответственно 21,8 и 7,7% объема стока. Кроме того, 10,3% стока формируется в пределах Каспийского и Аральского морей, а также других районов Средней Азии, не имеющих сообщения с Мировым океаном. Иногда к суммарному среднемноголетнему стоку рек СССР добавляют 330 км<sup>3</sup> воды, поступающей с территорий сопредельных стран. Однако эта цифра является весьма приближенной и имеет постоянную тенденцию к уменьшению, что объясняется непрерывно растущим водопотреблением в граничащих с СССР государствах.

Водные ресурсы весьма неравномерно распределены между союзными республиками (табл. 4). Из данных таблицы видно, что в наилучшей степени обеспечено водой население РСФСР, Киргизии, Таджикистана и частично Грузии. Крайне низкой удельной водностью — 0,2 и 0,5 тыс. км<sup>3</sup> в год на одного человека — характеризуются соответственно Молдавия и Туркмения.

Внутри каждой республики также наблюдается неравномерная обеспеченность водой. Особо заметно это на примере РСФСР, где удельная водность в пределах европейской части значительно меньше, чем в азиатской зоне республики. Весьма неблагоприятно распределение речного стока в Казахстане. При средней удельной водности 5 тыс. м<sup>3</sup> в год на одного человека центральная часть республики, где быстро развивается промышленность, практически лишена воды.

Значительный дефицит воды ощущается в Донбассе, на Урале, в северной части Прикаспийской низменности и в некоторых других районах страны.

Величина стока определяется разностью между количеством выпадающих осадков и испарением. Основными причинами, влияющими на величину слоя годовых осадков, являются расстояние от океана, рельеф местности и отчасти растительный покров. В западных и северо-западных районах СССР, подвер-

## Распределение речного стока между союзными республиками

Республика	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Население*, млн. чел.	Среднегого- летний сток		Удельная водность	
			км <sup>3</sup>	% сум- марного стока СССР	с 1 км <sup>2</sup> , л/с, в сред- нем за год	на 1 чел., тыс. м <sup>3</sup> /год
РСФСР . . . . .	17 075	130,090	4003	91,31	7,4	30,7
Украинская . . . . .	604	47,136	49,9	1,14	2,6	1,1
Белорусская . . . . .	208	9,003	36,4	0,83	5,6	4,0
Узбекская . . . . .	450	11,963	11,1	0,25	0,8	0,9
Казахская . . . . .	2715	12,850	64,8	1,48	0,8	5,0
Грузинская . . . . .	69,7	4,688	53,6	1,22	24,4	11,4
Азербайджанская	86,6	5,111	8,71	0,20	3,2	1,7
Литовская . . . . .	65,2	3,129	15,3	0,35	7,4	4,9
Молдавская . . . . .	33,7	3,572	0,81	0,02	0,8	0,2
Латвийская . . . . .	63,7	2,365	17,1	0,39	8,6	7,3
Киргизская . . . . .	198	2,933	52,8	1,20	8,4	18,0
Таджикская . . . . .	143	2,900	51,2	1,17	11,3	17,6
Армянская . . . . .	29,8	2,493	6,50	0,15	6,9	2,6
Туркменская . . . . .	488	2,158	1,00	0,02	0,06	0,5
Эстонская . . . . .	45,1	1,357	11,70	0,27	8,2	8,6
СССР (в целом) . . .	22 275	241,748	4384	100	6,2	18

\* Данные на 15 января 1970 г.

женных влиянию Атлантического океана, за год в среднем выпадает 600—700 мм осадков. По мере следования на восток это количество постепенно уменьшается, составляя на юго-востоке 200—250 мм и в пустынных районах среднеазиатских республик 100—150 мм. Около 300—400 мм осадков выпадает в Центральной и Восточной Сибири, уменьшение осадков до 200—250 мм наблюдается в пределах Лено-Вилуйской низменности. В непосредственной близости от Тихого океана годовой слой осадков увеличивается, достигая 700—800 мм, а в Уссурийском крае, на Сахалине и Камчатке он доходит до 1000 мм.

Количество атмосферных осадков возрастает с высотой местности. Так, на Валдайской возвышенности выпадает на 100—150 мм осадков больше, чем на расположенной недалеко котловине оз. Ильмень. Это увеличение годового слоя осадков проявляется до высот около 3000 м, где обычно все восходящие воздушные потоки окончательно теряют транспортируемую ими влагу. При этом наветренные склоны отличаются большим количеством осадков по сравнению с подветренными склонами. Например, на юго-западных склонах гор Большого Кавказа годовой слой осадков больше 3000 мм, в то время как на северо-восточных склонах он не превышает 1600 мм. Свыше 1000 мм

осадков выпадает в горных районах Средней Азии. Распределение осадков по европейской территории СССР показано на рис. 2.

На протяжении многолетнего цикла наблюдений в засушливые и сильновлажные годы могут происходить отклонения от указанных величин до 30—40%. Распределение осадков в течение года в основном обусловлено географическим положением территории. Для большей части страны осенью и зимой выпадает 55—65% годового количества осадков.

Испарение с водной поверхности обусловлено дефицитом влажности, скоростью и продолжительностью ветров. Величина его колеблется от 200 мм в год в северных районах до 1500—1700 мм в среднеазиатских республиках.

Испарение с поверхности суши зависит главным образом от температуры воздуха и влажности почвы. Оно изменяется от 50 мм на Крайнем Севере до 450—500 мм в западных районах и на Черноморском побережье Кавказа. Различают испарение с почвы, лишенной растительности и покрытой ею. Испарение влаги растительностью называется транспирацией. Суть ее сводится к тому, что корневая система всасывает воду из более глубоких слоев почвы, которая постепенно перемещается по стеблям кверху до поверхности листьев, откуда происходит испарение. Для трав величина транспирации равна 400—450, для зерновых культур — около 350 и для лесов — 250—325 мм.

В первом приближении территорию СССР по степени увлажненности можно разбить на три зоны: достаточного, неустойчивого и недостаточного увлажнения. К первой из них относятся северные, западные и восточные районы, где поступление влаги в виде осадков превышает величину испарения. Во вторую зону входят центральные районы, расположенные в европейской части СССР, Украина, Молдавия, Северный Кавказ и другие области, характеризующиеся примерным равенством осадков и испарения. Третья зона включает полупустынные, пустынные и некоторые степные районы.

Во второй зоне довольно часто бывают засухи, практически каждый третий год. Они возникают вследствие малых запасов влаги в почве и высокой температуры воздуха в период вегетации. Поэтому получение достаточно высоких и устойчивых урожаев здесь может базироваться только на искусственном орошении.

Среднегодовой сток в пределах СССР изменяется в весьма большом диапазоне. Так, на юго-западных склонах гор Большого Кавказа он составляет 2500—3000 мм, на севере европейской части — 300—400, в центральных районах — 100—200, на юго-востоке и в Казахстане — 5—15 мм. В пустынных районах Средней Азии сток практически равен нулю. Увеличение поверхностного стока до 250—600 мм наблюдается в районах Дальнего Востока (рис. 3). Соответственно модули, или нормы, стока колеблются от 0 до 90 л/с с 1 км<sup>2</sup> при среднем



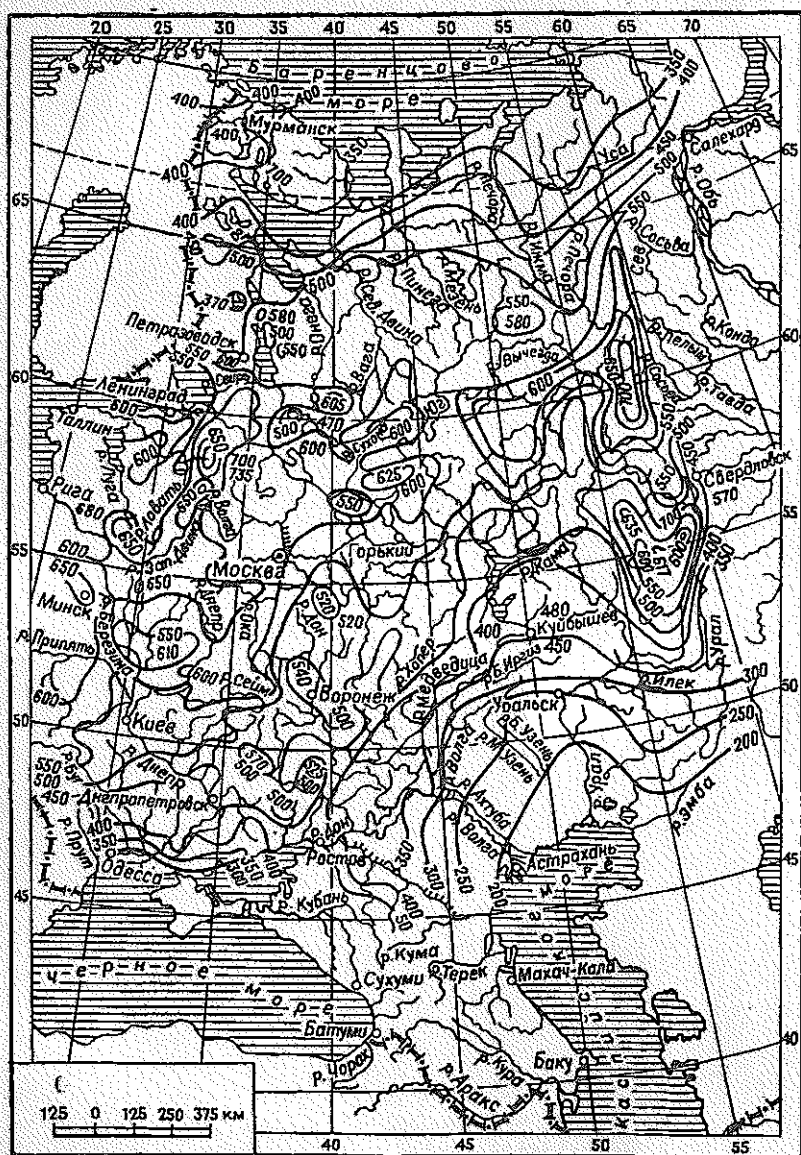


Рис. 2. Распределение осадков по территории европейской части СССР



значении для территории СССР 6,2 л/с. В табл. 5 приведены основные характеристики крупнейших рек СССР.

Таблица 5

Основные характеристики крупнейших рек СССР

Река	Среднего- летний сток, км <sup>3</sup>	Среднего- летний рас- ход в устье, м <sup>3</sup> /с	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	Длина, км	Куда впадает
Енисей . . . . .	624	19 800	2580	3487	Карское море
Лена . . . . .	536	17 000	2490	4400	Море Лаптевых
Обь . . . . .	400	12 700	2990	3650	Обская губа
Амур . . . . .	343	10 900	1855	2824	Амурский лиман
Волга . . . . .	243	7 710	1360	3531	Каспийское море
Печора . . . . .	126	4 000	322	1809	Печорское море
Колыма . . . . .	123	3 900	647	2129	Восточно-Сибирское море
Северная Двина . . . . .	110	3 491	357	744	Двинская губа
Хатанга . . . . .	105	3 320	364	1636	Хатангский залив
Пясины . . . . .	81,9	2 600	182	818	Карское море
Нева . . . . .	79,7	2 530	281	74	Финский залив
Амурарья . . . . .	63,1	2 000	309	1415	Аральское море
Инди-гирка . . . . .	58,3	1 850	360	1726	Восточно-Сибирское море
Днепр . . . . .	53,6	1 700	504	2200	Днепровский лиман
Анадырь . . . . .	53	1 680	191	1150	Залив Онемен
Сырдарья . . . . .	34,7	1 100	219	2212	Аральское море
Камчатка . . . . .	32,5	1 030	55,9	704	Камчатский залив
Яна . . . . .	31,5	1 000	238	872	Море Лаптевых
Дон . . . . .	29,5	935	422	1870	Азовское море
Мезень . . . . .	27,9	886	78	966	Белое море
Неман . . . . .	21,6	685	98	937	Курский залив
Западная Двина . . . . .	21,4	678	88	1020	Рижский залив
Кура . . . . .	18,1	575	188	1364	Каспийское море
Кубань . . . . .	13,4	425	58	870	Азовское море

В то время как суммарные изменения объема стока всех рек страны крайне незначительны, колебания стока в бассейнах отдельных рек могут быть довольно существенны. Так, на Амуре годовой сток по отношению к среднемноголетней норме изменяется от 0,5 до 1,6, в бассейнах Волги, Дона и Днепра — от 0,6 до 2, а для рек Прикаспийской низменности и Казахстана может колебаться от 0 до 3—3,5.

Распределение стока между сезонами обусловлено особенностями питания за счет талых, дождевых и подземных вод (табл. 6). Наиболее неравномерным стоком отличаются реки засушливых районов с весьма высокими весенними паводками. Почти все реки, за исключением протекающих в западной и юго-западной частях европейской территории СССР, характеризуются малым объемом зимнего стока. Это особенно заметно для районов Восточной Сибири и Севера, где наблюдается глубокое промерзание водосборов, а иногда и самих рек.

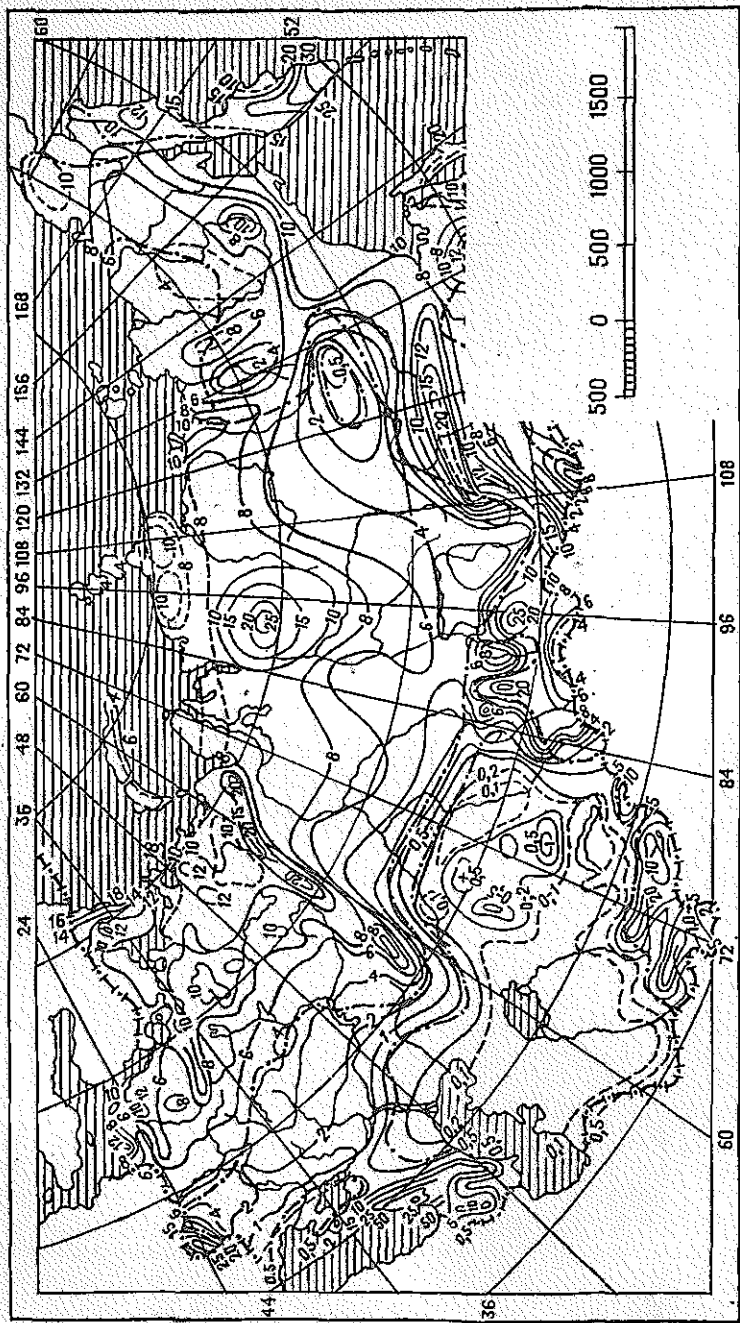


Рис. 3. Карта средних модулей стока

Сезонное распределение речного стока

Район	Сезонный сток, % годового стока		
	весна	лето—осень	зима
Южная часть Заволжья, Южное Приуралье, Северный и Центральный Казахстан . . . . .	90—95	4—8	1—2
Восточная Сибирь . . . . .	70—80	15—25	5
Север европейской части СССР (за исключением озерных рек и Прибалтики) . . . . .	55—65	25—35	10—20
Запад и юго-запад европейской части СССР . . . . .	30—50	30—35	20—35
Западная Сибирь . . . . .	45—55	35—45	10
Крайний Север и северо-восток Сибири	40—50	45—55	5
Дальний Восток, Камчатка, Забайкалье, Яно-Индигирский район . . .	30—40	55—65	5

В соответствии с работами Б. Д. Зайкова, все реки нашей страны можно разделить на три основные группы, которые, в свою очередь, подразделяются на несколько типов.

К первой, наиболее многочисленной группе, относятся реки со значительным весенним половодьем, которое длится не более одного месяца. Дождевые паводки здесь почти не бывают. После окончания половодья некоторые реки пересыхают до следующей весны. В эту группу входит большинство рек, протекающих в европейской части СССР. Их гидрографы характеризуются двумя максимумами и двумя минимумами, а некоторые из них — одним максимумом и одним минимумом. Сюда же относятся западносибирские реки с невысоким и распластанным половодьем.

Вторая группа объединяет реки с паводками в теплый период года, происходящими вследствие таяния высокогорных снегов и ледников, а также ливневых дождей. Сюда можно отнести горные реки Кавказа, Средней Азии, Камчатки и бассейн Амура.

К третьей группе относится сравнительно небольшое число рек, протекающих на небольших высотах в горных районах с теплым климатом, таких как Карпаты, Крымские горы, Черноморское побережье Кавказа. В этих районах практически на протяжении всего года бывают дождевые паводки. Поэтому гидрографы таких рек имеют форму гребня с примерно одинаковыми во все сезоны пиками.

Весьма важными величинами при обосновании основных элементов различных гидротехнических сооружений являются максимальные и минимальные расходы реки. Соотношение

между ними может достигать довольно больших значений (табл. 7). Наименьшие соотношения между высокими и низкими расходами зафиксированы для рек Невы и Ангары, сток которых соответственно зарегулирован озерами Ладожским и Байкалом.

Таблица 7

Максимальные и минимальные расходы некоторых рек СССР

Река	Пункт наблюдения	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	Число лет наблюдений	Самый высокий из максимальных расходов воды		Самый низкий из средних месячных расходов воды		Отношение высокого расхода к низкому, %
				м <sup>3</sup> /с	год	м <sup>3</sup> /с	год	
Урал	пос. Кушум . . . . .	180	46	14 000	1957	15	1956	930
Дон	г. Калач . . . . .	222	74	14 600	1917	86	1907	170
Печора	с. Усть-Цильма . . . . .	259	42	39 500	1952	250	1950	158
Нева	г. Ленинград . . . . .	282	85	4 510	1924	687	1940	6,5
Днепр	г. Киев . . . . .	328	81	23 100	1931	188	1921	117
Кама	г. Соколы горы . . . . .	504	79	36 000	1914	439	1939	87
Ангара	Падунский порог	740	63	13 400	1952	1060	1904	13
Волга	г. Куйбышев . . . . .	1212	81	63 900	1926	1150	1939	55
Амур	г. Комсомольск-на-Амуре . . . . .	1720	24	40 000	1932	374	1934	107
Обь	г. Салехард . . . . .	2450	25	44 000	1941	2280	1946	19
Лена	г. Кюсюр . . . . .	2420	23	137 000	1960	700	1940	196

Содержание наносов в реках зависит от рельефа, геологического строения, состояния поверхности и растительности водосбора. В соответствии с этим среднегодовая мутность может быть охарактеризована следующими цифрами: Нева — 10, Енисей — 20, Волга — 100, Дон — 230, Кура — 1950, Сырдарья — 2300, Амударья — 3600 г/м<sup>3</sup>. Во время паводков содержание наносов резко увеличивается и, в частности, в Амударье достигает 10 кг/м<sup>3</sup>, а в Атреке (ТССР) — 50 кг/м<sup>3</sup>.

Не менее важным источником удовлетворения потребностей в воде являются озера. На территории СССР насчитывается около 40 тыс. озер, каждое из которых имеет площадь зеркала более 1 км<sup>2</sup>. Они занимают территорию около 330 тыс. км<sup>2</sup> при общем объеме свыше 25 тыс. км<sup>3</sup>. Кроме того, существует еще примерно 2,8 млн. мелких естественных водоемов площадью каждый менее 1 км<sup>2</sup>.

Озера играют весьма видную роль в стоке рек, ибо они регулируют их режим и являются резервуарами сравнительно чистой воды. В настоящее время их используют для водоснабжения, рыбоводства и судоходства. Наиболее характерные данные по крупнейшим озерам страны приведены в табл. 8. По приближенным данным, общий объем воды в озерах составляет 26 тыс. км<sup>3</sup>.

На территории СССР разведаны значительные запасы подземных вод. При их оценке следует различать естественные и эксплуатационные ресурсы.

Под естественными ресурсами подразумевают естественный, ежегодно восполняемый приток или отток подземных вод. Эк-

Таблица 8

Основные характеристики наиболее крупных озер СССР

Озеро	Объем воды, км <sup>3</sup> .	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>		Наибольшая глубина, м	Озеро	Объем воды, км <sup>3</sup> .	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>		Наибольшая глубина, м
		зеркала	водосбора				зеркала	водосбора	
Байкал	2300	31,5	571	1741	Севан	50	1,36	4,76	86
Иссык-Куль	1730	6,28	21,9	702	Чудское	25,2	3,55	47,8	15
Ладожское	908	17,7*	276	230	Ханка	16,5	4,19	20,1	11
Онежское	285	9,72**	62,8	127	Топозеро	14,9	0,98	3,53	56
Балхаш	112	18,3	413	26	Таймыр	13	4,56	43,9	26
Зайсан	53	5,5	142	30					

\* Без учета площади островов.

\*\* С учетом водохранилища Верхнесвирской ГЭС.

платационными ресурсами называют количество воды, которое может добываться из водоносного пласта без заметного уменьшения его производительности, снижения уровней и ухудшения качества воды. Как естественные, так и эксплуатационные ресурсы измеряются в м<sup>3</sup>/с или в л/с с 1 км<sup>2</sup>.

Суммарные эксплуатационные ресурсы пресных и слабосоленоватых подземных вод на территории СССР оцениваются около 220 км<sup>3</sup> в год, что соответствует расходу, равному 7000 м<sup>3</sup>/с. Из этого количества на долю РСФСР приходится 53, Казахстана — 13, Узбекистана — 12%.

Пресные подземные воды в основном используются для питьевого водоснабжения. В последние годы увеличилось потребление соленоватых и соленых подземных вод для нужд сельского хозяйства, а также для водоснабжения некоторых крупных промышленных комплексов.

Значительный интерес представляют термальные воды, общий объем которых в СССР достигает 8 км<sup>3</sup> в год. Они имеются на Камчатке, Курильских островах, Сахалине, Кавказе, в Западной Сибири и в некоторых других районах. Эти воды используются для энергетики, коммунального и сельского хозяйства, а также для лечебных целей.

Ледники на территории СССР занимают площадь свыше 20 тыс. км<sup>2</sup>. Приблизительно в них содержится около 2400 км<sup>3</sup> воды, из которых 2150 км<sup>3</sup> приходится на долю Памира и Тянь-Шаня. Ледники имеют большое значение для подпитывания

рек, начинающихся в горах. Это особо заметно в южных районах, где в течение вегетационного периода ощущается значительная потребность в воде для целей орошения.

Возможность использования ледников путем усиления их таяния искусственным путем для восполнения водных ресурсов пока еще недостаточно изучена. Эта проблема является весьма сложной и требует комплексного исследования.

Следует заметить, что в ледниках Арктики содержится около 9000 км<sup>3</sup> воды. Однако перспектива ее использования слишком сложна и пока не вызвана практической необходимостью. В северо-восточных районах страны, расположенных в зоне вечной мерзлоты, наблюдается замерзание подземных вод, выклинивающихся в долинах рек и в отдельных понижениях. При этом образуются наледи с общим запасом воды 28—30 км<sup>3</sup> в год. При таянии их происходит подпитывание рек.

Болота в Советском Союзе занимают площадь около 190 млн. га. Запасы воды в них составляют до 3000 км<sup>3</sup>, причем свыше 1000 км<sup>3</sup> приходится на болота, расположенные в пределах Западно-Сибирской низменности.

Резюмируя изложенное, можно констатировать, что вековые запасы пресной воды в СССР равны примерно 40 400 км<sup>3</sup>, из которых на долю озер приходится 26 000, ледников — 11 400, болот — 3000 км<sup>3</sup>. Объем ежегодно возобновляемых пресных вод составляет 4634 км<sup>3</sup> со следующим распределением: речной сток — 4384, подземные воды — 220 и наледи — 30 км<sup>3</sup>.

### § 3. ВОДНЫЙ БАЛАНС И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Уравнение водного баланса в пределах материка, включающего в себя ряд речных бассейнов, может быть представлено в виде:

$$O = P + \Pi + И + T, \quad (2)$$

где  $O$  — атмосферные осадки, выпадающие на поверхность;

$P$  — поверхностный сток, поступающий в реки;

$\Pi$  — подземный сток, подпитывающий реки;

$И$  — испарение с поверхности материка, включая внутренние водоемы и водотоки;

$T$  — транспирация влаги растительностью.

При рассмотрении водного баланса для отдельных бассейнов уравнение (2) может быть записано несколько иначе:

$$O = P + \Pi_{п} + И + T, \quad (3)$$

где  $\Pi_{п}$  — полный подземный сток, равный

$$\Pi_{п} = \Pi_{с} + \Pi_{н} + \Pi_{н.г} + \Pi_{к} + \Pi_{к.в},$$

здесь  $\Pi_{с}$  — подземные воды, образующиеся за счет инфильтрации в пределах рассматриваемого водосбора;

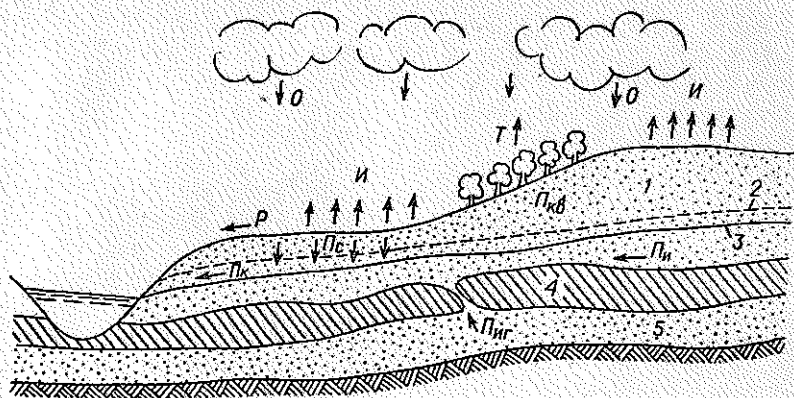


Рис. 4. Схема влагооборота в пределах речного бассейна

1 — зона парообразной и пленочной воды; 2 — граница капиллярной каймы; 3 — депрессионная поверхность; 4 — водопроницаемый слой; 5 — область напорных подземных вод

- $\Pi_{\text{н}}$  — приток подземных вод извне;
- $\Pi_{\text{н.г}}$  — подпитывание из нижерасположенных горизонтов за счет напорных подземных вод;
- $\Pi_{\text{к}}$  — подпитывание за счет капиллярного передвижения;
- $\Pi_{\text{к.в}}$  — пополнение за счет конденсации водяных паров в почве.

В зависимости от природных условий отдельные составляющие полного подземного стока могут отсутствовать. В частности, это относится к величинам  $\Pi_{\text{к}}$  и  $\Pi_{\text{к.в}}$ . Схема круговорота воды в пределах речного бассейна показана на рис. 4.

Одной из наиболее ценных составляющих стока является его подземная часть, характеризующаяся величиной  $\Pi_{\text{п}}$ . Реки, обладающие достаточно устойчивым подземным питанием, могут в наилучшей степени обеспечить удовлетворение запросов различных отраслей народного хозяйства без создания специальных регулирующих водохранилищ.

Питание подземными водами обычно происходит из бассейна, контуры которого не совпадают с границами поверхностного водосбора. Область распространения этого подземного бассейна может быть установлена на основании данных гидрогеологических изысканий.

Общее увлажнение территории  $У$  определяется как сумма полного подземного стока  $\Pi_{\text{п}}$  и испарения  $И$ :

$$У = \Pi_{\text{п}} + И. \quad (4)$$

Соответственно коэффициент питания рек подземными запасами воды

$$K_{\text{п}} = \Pi_{\text{п}} / У.$$



Величина этого коэффициента обусловлена географическим расположением областей. Так, для тундры он равен 0,30—0,38, для тайги 0,11—0,29, для зоны смешанных лесов 0,11—0,13 и для лесостепной зоны 0,03—0,04, наконец, для полупустынных районов значение  $K_{\text{п}}$  понижается до 0,005.

Приближенные величины элементов водного баланса для территории СССР приведены в табл. 9. Исходя из этих данных, среднее значение коэффициента питания рек подземными водами  $K_{\text{п}} = 0,133$ .

Обычно при рассмотрении водных балансов того или иного речного бассейна исходят из наблюдений за отдельными компонентами уравнения (2)

Таблица 9

Значения элементов водного баланса СССР

Элемент водного баланса	Величина элемента	
	км <sup>3</sup> воды	мм слоя стока
Осадки О . . . . .	10 960	500
Полный речной сток Р + П . . . . .	4 384	200
Подземный сток П . . . . .	1 020	48
Поверхностный сток Р . . . . .	3 364	153
Испарение И . . . . .	6 576	299
Общее увлажнение У = П + И . . . . .	7 596	347

на протяжении возможно более длительного периода времени. Для учета их на территории СССР имеется свыше 10 тыс. гидрологических постов и станций. На них непосредственно изучается динамика стока как на протяжении многих лет, так и внутригодовое его распределение. Кроме того, для определения элементов водного баланса используются данные наблюдений на широкой сети метеорологических станций и дождемерных постов.

По мере роста численности населения и сопутствующего ему развития промышленности, сельского хозяйства и транспорта происходят изменения в водном балансе. Совокупность всех мероприятий, связанных с хозяйственной деятельностью человека, можно разделить на две обособленные группы:

- 1) мероприятия, непосредственно осуществляемые на водотоках и водоемах;
- 2) мероприятия, проводимые в пределах бассейнов того или иного водотока или водоема.

Как показали многолетние наблюдения, наибольшее влияние на гидрологический режим оказывают мероприятия, составляющие первую группу. К ним относятся возведение плотин для создания водохранилищ, строительство насосных станций, обвалование земель в целях борьбы с наводнениями, работы по переброске стока в соседние бассейны и т. д. В этих случаях происходят регулирование стока и перераспределение его во времени для удовлетворения потребностей различных отраслей промышленности и сельского хозяйства. При этом наблюдается



изменение метеорологических, гидрогеологических, почвенных и других условий. Так, при создании водохранилищ увеличивается испарение, несколько снижается среднегодовая температура воздуха и возрастает количество атмосферных осадков. Одновременно на прилегающих территориях происходят подъем уровня подземных вод и заболачивание наиболее пониженных участков. Интенсивное использование подземных вод для водоснабжения и орошения в отдельных районах иногда приводит к постепенному истощению водоносных горизонтов и нарушению связи между поверхностным и подземным стоками.

Последствия, вызываемые мероприятиями этой группы, возможно подвергнуть некоторой оценке, что позволяет производить перспективные гидрологические расчеты.

Гораздо сложнее обстоит дело с мероприятиями второй группы, влияние которых на динамику стока поверхностных и подземных вод пока еще довольно неопределенно. К ним относятся широкий комплекс мелиоративных работ в виде орошения и осушения, различные агротехнические приемы, лесохозяйственные мелиорации, борьба с водной и воздушной эрозией, снегозадержание, а также застройка территорий, разработка полезных ископаемых и т. д.

Для оценки влияния этих работ на водный баланс можно использовать балансовый метод и метод анализа многолетних колебаний стока. В первом случае решают уравнение водного баланса с введением ряда коэффициентов, отражающих влияние рассмотренных выше факторов на сток. Соответствующие значения коэффициентов получают на ряде опытных стоковых станций.

Во втором случае анализируют многолетние колебания стока в пределах бассейна, подверженного хозяйственной деятельности человека, и сравнивают его с тем, что было раньше, до начала работ. Рассматриваемый путь является весьма сложным и не может обеспечить прогнозирование водного баланса на перспективу. Поэтому более целесообразно использование балансового метода.

Многолетние наблюдения в Белоруссии, Прибалтике и ряде северных областей показали, что после осушения территорий внутригодовое распределение речного стока становится более равномерным. После осушения заболоченных водосборов заметно уменьшаются максимальные расходы весеннего паводка и его продолжительность. Как правило, в период строительства осушительных систем и в первые годы их эксплуатации наблюдается увеличение стока на 30—40% за счет использования вековых запасов грунтовых вод. В дальнейшем можно ожидать некоторого сокращения стока.

Вместе с тем нужно отметить, что главным фактором колебаний стока в нечерноземной зоне признано изменение климата. При этом влияние изменения лесистости речных водосборов,

а также колебаний их распаханности до 6—13% от первоначального состояния на величину и внутригодовое распределение стока не выходит за пределы погрешностей гидрологических изменений и расчетов.

Представляют интерес исследования, выполненные Государственным гидрологическим институтом (ГГИ) в условиях водосборов лесостепной и степной зон европейской части СССР. Некоторые результаты этих наблюдений показаны в табл. 10.

Таблица 10

Нормы возможного изменения годового стока при проведении некоторых мелиоративных мероприятий (в %)

Среднегодовой модуль стока, л/с с 1 км <sup>2</sup>	Характер мероприятий	Средние реки и малые постоянные водотоки с распаханностью территории 65—75%	Временные водотоки и склоны	
			балки, лога и малые водотоки с распаханностью территории 80—100%	сток непосредственно на полях (без гидрографической сети)
4,0	А*	0	0	-10
2,1—4,0		-5 ÷ -10	-10 ÷ -15	-15 ÷ -20
1,1—2,0		-5 ÷ -10	-10 ÷ -20	-15 ÷ -30
0,5—1,0		-7 ÷ -15	-15 ÷ -25	-20 ÷ -40
0,5	Б**	-10 ÷ -20	-15 ÷ -30	-25 ÷ -50
2,1—4,0		+0,5	-0,5	-0,8
До 2,0		+0,7	-0,7	-0,9

\* А — влияние агротехнических мероприятий.

\*\* Б — влияние леса и полезащитных лесовосаждений по сравнению со стоком с безлесных водосборов и склонов (на 1% залесенности).

Приведенные значения являются довольно ориентировочными, но они дают возможность хотя бы в первом приближении оценить влияние мелиорации на динамику стока. Как видно из данных таблицы, особенно заметно это влияние для средней и южной зон страны, характеризующихся сравнительно малой водностью. Безусловно, что в дальнейшем, по мере роста плотности населения и развития сферы производства, воздействие хозяйственной деятельности на сток будет проявляться и в более северных районах. Для установления степени этого влияния потребуется организация длительного цикла наблюдений в различных пунктах страны.

Немаловажную роль в сокращении увлажненности почвенного покрова играет повышение продуктивности сельского хозяйства. Многочисленные исследования, проводимые в СССР, США, ГДР, ФРГ, ПНР и других странах, показывают, что с ростом урожайности увеличивается потребление воды растениями. Эти данные должны приниматься во внимание в первую очередь в зоне достаточного и неустойчивого увлажнения.

На основании предварительных расчетов по оценке влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы (с учетом развития всех отраслей народного хозяйства) можно отметить, что в целом по стране уменьшение стока основных рек на 1970 г. не превышало 2%. При этом наиболее заметное сокращение характерно для рек южного склона европейской части СССР (до 8—20%) и для бассейна Аральского моря (до 25—30%).

В перспективе ожидается более существенное уменьшение стока рек страны под влиянием хозяйственной деятельности, в первую очередь в густонаселенных и наиболее развитых экономических районах, что потребует проведения крупных работ по межбассейному перераспределению речного стока и использованию подземных водных ресурсов.

В заключение следует отметить, что при прогнозировании водных балансов нужно учитывать циклические колебания речного стока на протяжении длительного периода, исчисляемого многими столетиями. По данным А. В. Шнитникова, в течение пяти веков до середины XIX века наблюдалась высокая увлажненность материков, после чего наметилась тенденция к ее сокращению. В свою очередь, она может привести к уменьшению речного стока и ухудшению водного баланса озер. Поэтому столь существенное обстоятельство следует иметь в виду при планировании использования водных ресурсов на перспективу.

## Глава 2. ПОТРЕБНОСТИ В ВОДЕ ОСНОВНЫХ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

### § 1. ВИДЫ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ

Человечество по мере своего развития расходует все большее количество воды для удовлетворения разнообразных нужд. Она необходима для водоснабжения населения и различных промышленных предприятий, орошения и обводнения земель, развития транспорта и рыбоводства, здравоохранения и водного туризма. Нельзя представить себе какую-либо отрасль хозяйства, существование и развитие которой было бы возможно без использования воды.

Двадцатый век характеризуется чрезвычайно быстрым развитием производительных сил, что связано с интенсивным потреблением воды во все возрастающих объемах. Это хорошо видно на примере развития народного хозяйства Советского Союза (табл. 11). В период с 1913 по 1968 г. население страны увеличилось в 1,5 раза, а объем используемой воды возрос более чем в 5 раз. Прежде всего это объясняется быстрым ростом промышленности и особенно наиболее водоемких ее отраслей, а также интенсивным развитием энергетики. Предполагается, что в дальнейшем расходование воды будет происходить примерно в такой же пропорции, поэтому уже сейчас требуется принятие срочных мер для предотвращения истощения водных ресурсов.

Таблица 11

Характеристика развития народного хозяйства СССР

Показатели	1913 г.	1940 г.	1968 г.
Численность населения, млн. чел. . . . . .	159	194	236,7
Объем промышленной продукции (по отношению к 1913 г.) . . . . .	1	7,7	79
Выработка электроэнергии гидростанциями, млрд. кВт·ч . . . . .	0,04	5,1	104
Площади орошения, млн. га . . . . .	4	6	9,3
Объем используемой воды, км <sup>3</sup> . . . . .	45	80	250

При решении вопросов водообеспечения обычно принято выделять две категории: водопотребление и водопользование. К первой из них относят отрасли народного хозяйства, в которых использование воды связано с изъятием ее из водоемов и водотоков. При этом часть воды теряется безвозвратно, так как она входит в состав промышленной или сельскохозяйственной продукции, а также расходуется на испарение в процессе ее использования. Основными водопотребителями являются промышленное и коммунальное водоснабжение и сельскохозяйственное орошение; на долю последнего приходится свыше половины всей воды, используемой в народном хозяйстве.

Во вторую категорию входят отрасли, которые не изымают воду, а используют ее для выполнения различных операций. К числу наиболее важных водопользователей можно отнести гидроэнергетику, водный транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, водный туризм.

Однако в современных условиях наблюдается постепенное устранение границ между водопотреблением и водопользованием. В качестве примера можно назвать гидроэнергетику, которую нельзя рассматривать изолированно от других водопользователей и водопотребителей. Строительство большинства гидростанций связано с образованием водохранилищ, которые служат не только для выработки электроэнергии, но и для создания нормальных судоходных условий, а также для водоснабжения, орошения, лесосплава, рыбоводства и т. д. Другим случаем многостороннего решения проблемы водообеспечения является прокладка крупных, в основном ирригационных, каналов, которые в ряде случаев могут применяться для судоходства и рыбоводства. Иногда при наличии больших уклонов по трассе таких каналов создаются небольшие гидростанции.

Поэтому, имея в виду все возрастающую комплексность использования водных ресурсов, возможно, было бы правильнее объединить две отмеченные выше категории — водопотребление и водопользование — в одну под общим наименованием — водопользование.

Использование воды различными предприятиями характеризуется значительной неравномерностью. К наиболее постоянным водопользователям относятся промышленные объекты, работающие круглосуточно, водоснабжение населенных пунктов, тепловые (в том числе и атомные) и гидравлические электростанции. Гораздо меньшим постоянством характеризуются такие отрасли, как орошение, водный транспорт и рыбоводство. Так, при орошении необходима подача значительных объемов воды в течение вегетационного периода; водный транспорт и лесосплав нуждаются в поддержании должных глубин на протяжении всей навигации; рыбное хозяйство испытывает потребность в подаче определенного количества воды в период нереста рыб и т. д.

Расходование воды некоторыми отраслями народного хозяйства претерпевает значительные изменения не только по сезонам и месяцам, но и в течение суток. Все это сильно усложняет вопросы использования и распределения воды между различными ведомствами.

В связи с быстрым ростом населения и интенсивным развитием всех отраслей народного хозяйства особое значение приобретает разделение водных ресурсов не только по их количеству, но и по качеству.

Для питьевого водоснабжения в первую очередь должна использоваться вода наивысшего качества, которая прежде всего содержится в подземных источниках, а также в незагрязненных водоемах и водотоках. Вода более низкого качества может применяться для нужд промышленности и орошения. Наконец, для гидроэнергетики, судоходства и лесосплава загрязненность воды не имеет особого значения.

Существует ряд положений, в которых сформулированы требования отдельных отраслей народного хозяйства к качеству воды. Наиболее четко они выражены для хозяйственно-питьевого водоснабжения (см. гл. 5, § 4). Однако требования, предъявляемые к качеству воды, используемой для промышленных предприятий, орошения и энергетики, весьма разнообразны и иногда довольно разноречивы.

Нужно также иметь в виду, что при удовлетворении запросов отдельных водопользователей существенное значение имеет зарегулированность того или иного водоема или водотока, позволяющая обеспечить подачу либо использование определенного количества воды в течение нужного периода времени. Так, в частности, водоснабжение населенных пунктов и промышленности должно быть бесперебойным, ибо прекращение подачи воды хотя бы на весьма короткий срок может причинить значительный ущерб. Менее неприятные последствия наблюдаются при некотором частичном несоблюдении установленных сроков подачи воды для орошения земель и ряда других производственных процессов.

## § 2. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Вода в промышленности расходуется для выпуска продукции, удовлетворения потребностей работающего персонала и создания резервов при тушении пожаров. Производство промышленной продукции связано с охлаждением машин и механизмов, промывкой деталей и изделий.

К числу наиболее водоемких отраслей промышленности относятся химическая, целлюлозно-бумажная, черная и цветная металлургия. По современным данным, черная металлургия потребляет около 24, химическая промышленность — 16, цветная металлургия — 17, топливная и нефтехимическая промышлен-

ность — 13, целлюлозно-бумажная — 11% общего водозабора на все промышленные нужды.

Удельное водопотребление, или расход воды на единицу промышленной продукции, зависит от мощности предприятия, схемы технологического процесса и режима использования воды в нем. По мере укрупнения и интенсификации производств наблюдается некоторое уменьшение удельного водопотребления, но тем не менее размеры его остаются весьма значительными. Ориентировочные цифры водопотребления для некоторых видов промышленной продукции, устанавливаемые технологами, приведены ниже (расход воды на единицу продукции в м<sup>3</sup>):

синтетическое волокно, т . . . . .	2500—5000
синтетический каучук и искусственные ткани, т . . . . .	2000—3500
никель, т . . . . .	4000
медь, т . . . . .	500
чугун, т . . . . .	160—200
бумага, т . . . . .	400—800
нефть-сырец (переработка), т . . . . .	30—40
азотные удобрения, т . . . . .	600
хлопчатобумажные ткани (1000 м) . . . . .	20—50

Системы промышленного водоснабжения разделяются на прямоточные, оборотные и с последовательным использованием воды. Прямоточная система (рис. 5) является наиболее простой. Вода с помощью насосной станции перекачивается из

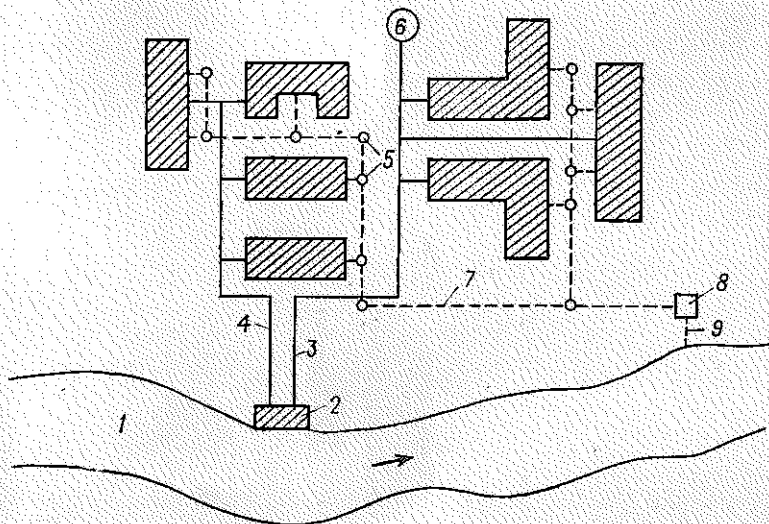


Рис. 5. Схема прямоточного водоснабжения завода

1 — река; 2 — насосная станция; 3 — водопровод высокого напора; 4 — водопровод низкого напора; 5 — канализационные колодцы; 6 — водонапорная башня; 7 — канализационные коллекторы; 8 — очистные сооружения; 9 — сброс



водоема или водотока к отдельным объектам производственного комплекса. Пройдя через них, она поступает в канализационные линии, ведущие к очистным сооружениям. После осуществления очистки необходимой степени отработанные воды могут быть выпущены обратно в водоток на соответствующем расстоянии от водозабора. Довольно часто прямоточные системы водоснабжения включают в себя водопроводные линии, работающие под различными напорами. Например, низконапорная линия может обеспечивать охлаждение части производственного оборудования, промывку некоторого вида продукции и т. д. Высокonaпорные линии целесообразно использовать для создания резервов воды в водонапорной башне и обеспечения ряда технологических процессов.

Прямоточные системы водоснабжения обычно осуществляют при достаточных водных ресурсах. В тех же случаях, когда требуется обеспечить потребности крупных промышленных предприятий с большой водоемкостью, особенно в условиях дефицита воды и возможности ее загрязнения, приходится применять системы оборотного водоснабжения (рис. 6). Они исключают сброс отработанных вод обратно в водоемы или водотоки и предусматривают использование их вновь для производства. Для этого отработанную воду пропускают через охлаждающие устройства в виде водохранилищ-охладителей, градирен или брызгальных бассейнов и направляют снова в производственный цикл. Ввиду того что часть воды при этом теряется безвозвратно, ее запасы приходится периодически компенсировать путем подачи дополнительных объемов из источника. Обычно величина потерь не превышает 2—5%. В ряде случаев часть отработанных вод может быть в загрязненном

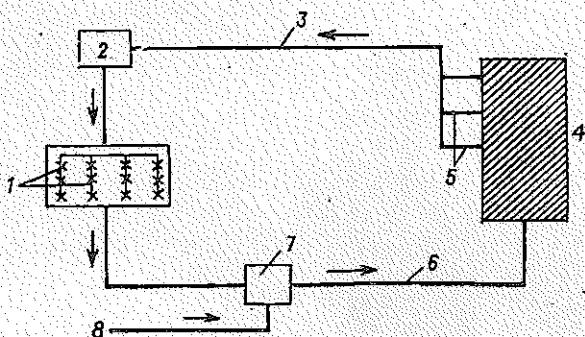


Рис. 6. Схема оборотного водоснабжения (без очистных сооружений)

- 1 — охлаждающее устройство (градирня, брызгальный бассейн);  
 2, 7 — насосные станции; 3 — подводный канал (водопровод);  
 4 — промышленное предприятие; 5 — выпуск отработанной воды;  
 6 — обратный трубопровод; 8 — канал или трубопровод со свежей водой для подпитки



состоянии, поэтому для их повторного использования требуется предварительная очистка.

Системы оборотного водоснабжения весьма рациональны при расположении площадки промышленного объекта выше уровня водоема или водотока. При этом по сравнению с прямой системой требуется значительно меньший расход электроэнергии на работу насосной станции. Не менее выгодны оборотные системы водоснабжения и при больших расстояниях от водисточника, что особенно наглядно можно видеть на примере эксплуатации крупных промышленных комплексов, расположенных в маловодных районах Казахстана, Украины, Урала и некоторых других областях.

Системы водоснабжения с последовательным использованием воды предусматривают ее повторное применение внутри данного предприятия. После завершения технологической операции в одном цехе отработанная вода поступает в другой цех, где также обеспечивает выпуск промышленной продукции. Иногда возможно многократное использование воды в ряде цехов завода, после чего она в загрязненном состоянии поступает на очистные сооружения. В условиях крайнего дефицита чистой воды и общей ограниченности водных ресурсов кратность использования воды на многих промышленных предприятиях стран Западной Европы уже сейчас достигает 10—14. Довольно часто отработанная вода применяется для гидравлического удаления окалины, шлака и золы (так называемое гидрозолоудаление). В отдельных случаях горячие отработанные воды можно использовать для работы энергетических установок, для обогрева жилых помещений и парников, а теплые воды — для орошения и рыбоводства.

Дальнейший технический прогресс будет неразрывно связан со всемерным развитием систем оборотного водоснабжения и систем с последовательным использованием воды. Это позволит существенно уменьшить потребности в воде и сократить объемы промышленных стоков, что будет способствовать улучшению санитарного состояния водоемов и водотоков.

Как отмечалось ранее, потребление воды промышленными предприятиями по сравнению с другими водопользователями происходит довольно равномерно в течение суток. Однако могут быть незначительные колебания в расходовании воды, что частично объясняется изменением температуры воды источника, некоторыми переменами в отдельных производственных операциях или другими причинами. При этом коэффициент часовой неравномерности в потреблении воды не превышает 1,1—1,2. Иногда для получения предварительно очищенной воды, имеющей более постоянную температуру, водозабор осуществляют из ряда вертикальных колодцев либо из горизонтальных дрен, расположенных вдоль берега реки, озера или водохранилища. Так, в частности, обеспечивается водоснабжение промышлен-

ных предприятий г. Дрездена и в некоторых других городах ГДР.

Кроме воды, расходуемой для выпуска продукции, необходимо обеспечить удовлетворение потребностей работающего персонала. Для этого имеются нормы, в соответствии с которыми на каждого рабочего в обычном цехе нужно иметь 25, а в горячих цехах 35 л в смену. Кроме того, должен быть предусмотрен расход воды на мытье из расчета 40—60 л на каждого пользующегося душем. Дополнительно учитывается необходимость мытья помещений и поливки зеленых насаждений, расположенных на заводской территории.

Расчетные расходы воды, потребные для тушения пожаров на промышленных предприятиях, устанавливаются по соответствующим нормам в зависимости от степени огнестойкости здания, его кубатуры и категории производства. При учете этих положений расходы могут колебаться от 5 до 30 л/с. Продолжительность пожара принимается равной 3 ч. Если в течение этого времени запроектированный водопровод не обеспечивает необходимой производительности, то должны быть предусмотрены специальные бассейны или закрытые резервуары необходимого объема для неприкосновенных запасов воды.

### § 3. КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Вода в коммунальном хозяйстве расходуется для удовлетворения питьевых и других нужд населения, работы различных предприятий бытового обслуживания (бани, прачечные, столовые и т. д.), поливки улиц и в противопожарных целях.

По мере роста плотности населения и культуры городов возрастает и количество воды, расходуемое на одного жителя. Если в начале XX века в России в населенных пунктах с водопроводом потреблялось 15—20 л на одного человека в сутки, то теперь в крупных городах СССР норма водопотребления превысила 200 л в сутки. Резко улучшилось водоснабжение Москвы и Ленинграда. После окончания постройки канала им. Москвы в водопроводную систему столицы подается расход до 40 м<sup>3</sup>/с, что составляет около 600 л в сутки на одного жителя, из которых около трети потребляется различными предприятиями. Пропускная способность ленинградского водопровода достигает 20 м<sup>3</sup>/с, что соответствует норме водопотребления около 550 л в сутки на одного человека.

Принято считать, что для удовлетворения всех личных потребностей человека необходимо примерно 200 л воды в сутки. Для работы коммунальных предприятий требуется еще около 100 л, и примерно такое же количество воды нужно для поддержания чистоты в городе.

Объемы хозяйственно-питьевого водопотребления устанавливаются в соответствии с существующими СНиПами и зави-

сят от численности населения, климатических условий и степени благоустроенности зданий. Некоторые из действующих норм приведены в табл. 12. Верхние пределы норм применяются в южных районах, нижние — в северных.

Таблица 12

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления  
в населенных местах

Степень благоустроенности зданий	Норма водопотребления на одного жителя $q_{\text{н}}$ , л		Коэффициенты неравномерности	
	среднесуточная (за год)	максимальная суточная	$K_{\text{сут}}$	$K_{\text{ч}}$
Водопровод, канализация и центральное горячее водоснабжение . . . . .	275—400	300—420	1,09—1,05	1,25—1,20
Водопровод, канализация и ванны с газовыми колонками . . . . .	180—230	200—250	1,11—1,09	1,30—1,25
Водопровод, канализация, без ванн . . . . .	125—150	140—170	1,12—1,13	1,50—1,40
Без водопровода и канализации . . . . .	30—50	40—60	1,33—1,20	2,00—1,80

Водопотребление в населенных пунктах меняется в течение года. Наибольшие объемы воды расходуются в летнее время, когда население часто пользуется ваннами и душами и производится поливка улиц и зеленых насаждений. Заметно возрастает водопотребление и в предвыходные дни.

Обычно в расчетах пользуются коэффициентом суточной неравномерности  $K_{\text{сут}}$ , который выражает отношение максимальной суточной нормы водопотребления к среднесуточной. С ростом благоустроенности зданий эта неравномерность уменьшается (см. табл. 12).

Расходование воды в течение суток также неравномерно. Наибольшее количество воды потребляется в середине дня и наименьшее — ночью. В зависимости от географического положения, численности и профессий жителей это соотношение может претерпевать некоторые изменения. Колебание расходов воды для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд происходит в течение весьма короткого периода времени, хотя при проектировании предполагают, что потребление воды в течение часа остается без изменений. Для оценки изменений водопотребления в течение часа пользуются коэффициентом часовой неравномерности  $K_{\text{ч}}$ , который представляет собой отношение максимального часового потребления к среднему. Значение этого коэффициента, также как и  $K_{\text{сут}}$ , изменяется обратно

пропорционально норме хозяйственно-питьевого водоснабжения (см. табл. 12).

Общий расход воды (в л/с) для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд населенного пункта может быть определен по формуле

$$Q = \frac{Nq_n K_n K_{сут}}{86,4 \cdot 10^3}, \quad (6)$$

где  $N$  — численность населения на перспективу;  
 $q_n$  — среднесуточная норма водопотребления.

#### § 4. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Вода в сельском хозяйстве расходуется для орошения, обводнения и водоснабжения. Орошение применяется для получения высоких и устойчивых урожаев различных культур. Основными районами проведения оросительных работ являются зоны недостаточного и неустойчивого увлажнения, к которым относятся республики Средней Азии и Закавказья, Казахстан, Украина, средние и южные районы европейской части СССР. За последние годы орошение получило развитие и в более северных областях.

Для успешного произрастания растения должны получать определенное количество воды, тепла, света, удобрений. Регулирование соотношения всех этих факторов в оптимальных пределах, обеспечивающих получение максимального урожая (для каждого вида растений), является наиболее актуальной и сложной проблемой. Пока такие работы носят, как правило, экспериментальный характер и не вышли за границы сравнительно небольших опытных площадей.

В современных условиях орошаемое земледелие во всех странах мира базируется практически на регулировании водного и питательного режимов, что производится путем периодической подачи воды и внесения удобрений. Регулирование количества тепла и света пока находится вне компетенции человека. Возможно, что в будущем появятся совершенные агрометеорологические системы, где поступление всех перечисленных компонентов будет происходить в соответствии с биотехническими потребностями растений на различных этапах вегетационного периода.

Многовековой практикой орошения установлено, что урожай на орошаемых землях значительно выше и по качеству лучше, чем на неорошаемых площадях. Регулярное орошение в СССР дает возможность получать урожаи пшеницы до 50—60, риса 65—75, хлопчатника 40—50, сахарной свеклы 500—700 ц/га и т. д. По приближенным расчетам, стоимость всех сельскохозяйственных продуктов, полученных с 1 га орошаемых земель, примерно в 4 раза выше, чем с неорошаемого гектара.

Общее количество воды, потребляемое растением за вегетационный период, может быть выражено некоторой условной зависимостью

$$T = U_p \varepsilon_y, \quad (7)$$

где  $T$  — транспирация, или потребление, воды данным видом растения,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$U_p$  — урожай данной культуры,  $\text{ц}/\text{га}$ ;

$\varepsilon_y$  — коэффициент транспирации, или водопотребления,  $\text{м}^3/\text{ц}$ .

Коэффициенты транспирации зависят от климатических факторов, типа почв, урожайности и других причин; величины их для одних и тех же культур колеблются в широких пределах, например, для хлопчатника 120—250, пшеницы 40—180, кукурузы 60—150, сахарной свеклы 5—30  $\text{м}^3/\text{ц}$ . Следует заметить, что увеличение потребления воды дает повышение урожая, но до известного предела, после которого наблюдается обратное явление.

Удовлетворение потребностей растений в воде происходит за счет естественных возможностей в виде атмосферных осадков и запасов воды в почве, а также искусственным путем при использовании орошения. Дополнительное количество воды, которое следует подать в течение вегетационного периода, или так называемая оросительная норма, может быть найдена из уравнения

$$M = T - O - \Delta\Pi + И, \quad (8)$$

здесь  $O$  — атмосферные осадки за вегетационный период;

$И$  — испарение;

$\Delta\Pi$  — запасы воды в почвогрунтах, используемые растениями.

Последняя величина может включать в себя следующие составляющие:

$$\Delta\Pi = \Pi_{н.г} + \Pi_{к} + \Pi_{к.в}, \quad (9)$$

где  $\Pi_{н.г}$  — подпитывание из нижерасположенных горизонтов за счет напорных подземных вод;

$\Pi_{к}$  — подпитывание за счет капиллярного передвижения;

$\Pi_{к.в}$  — пополнение путем конденсации водяных паров.

Величины оросительных норм зависят от рода культур и природных условий. По мере продвижения на юг оросительные нормы для одних и тех же культур заметно возрастают. Например, для овощей в условиях Ленинградской и сопредельных с ней областей  $M = 1000 \div 2000 \text{ м}^3/\text{га}$ , а для южных районов она соответственно равна 2500—5500  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Оросительные нормы (в м<sup>3</sup>/га) для основных культур орошаемых районов СССР обычно принимают в следующих пределах:

хлопчатник . . . . .	5000—8000
сахарная свекла . . . . .	2500—6000
зерновые . . . . .	1500—3500
многолетние травы . . . . .	2000—8000
рис . . . . .	8000—15 000

Приведенные значения называются оросительными нормами нетто — это то количество воды, которое должно быть подано непосредственно на поле. Для обеспечения этого условия из источника орошения следует забирать большие объемы воды, ибо значительная часть ее на пути следования теряется на фильтрацию, испарение, утечки через неисправные сооружения и непроизводительные сбросы. Характерным показателем любой ирригационной системы является коэффициент полезного действия

$$K_c = W_1/W_2, \quad (10)$$

где  $W_1$ ,  $W_2$  — количество или расход воды, соответственно поступающей на поле и забираемой из источника орошения.

Для старых систем (в условиях отсутствия мероприятий по борьбе с потерями воды)  $K_c = 0,50 \div 0,55$ ; для более совершенных систем при подаче воды по облицованным каналам  $K_c = 0,7 \div 0,8$  и при использовании закрытых трубопроводов  $K_c = 0,9 \div 0,95$ .

Современные оросительные системы обеспечивают подачу воды на десятки и сотни тысяч гектаров. Например, площади орошения в зоне Северо-Крымского канала будут доведены до 450 тыс. га, уже сейчас в Голодной степи орошается около 700 тыс. га, строится Каховская оросительная система с общей площадью орошения 600—650 тыс. га. Соответственно это требует забора большого количества воды. В частности, головное сооружение Краснознаменского канала на Украине рассчитано на расход около 500 м<sup>3</sup>/с, Каракумский канал им. В. И. Ленина в Туркмении — на 700 м<sup>3</sup>/с.

Отъем воды из рек или водохранилищ для орошения осуществляется самотеком или с помощью насосных станций, производительность которых за последние годы быстро растет. Это связано с интенсивным развитием ирригации и все более широким использованием дешевой электроэнергии крупных ГЭС для осуществления механического водоподъема. В частности, около половины всей электроэнергии, которую должна вырабатывать крупнейшая в Средней Азии Нурекская ГЭС, намечено использовать для работы сверхмощных оросительных насосных станций.

Транспортировка воды из источника к орошаемым площадям производится по магистральному каналу, длина которого может



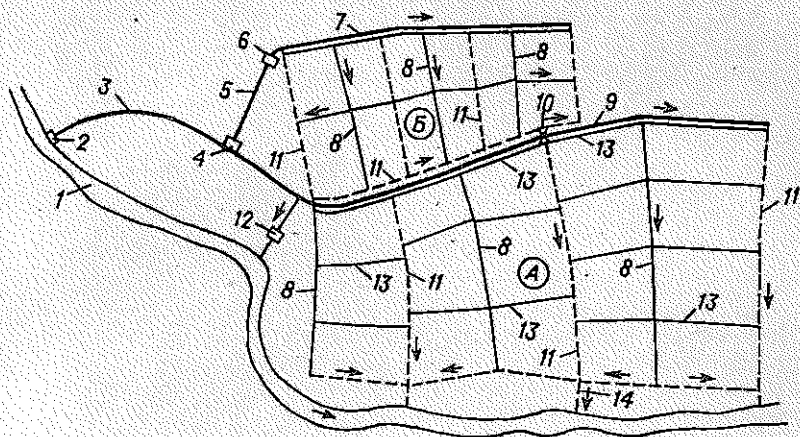


Рис. 7. Схема оросительной системы

А — зона самотечного орошения; Б — зона машинного орошения; 1 — река; 2 — головное сооружение; 3 — холостая часть магистрального канала; 4 — насосная станция; 5 — напорный трубопровод; 6 — открытый бассейн; 7 — ветвь магистрального канала; 8 — междолевые распределители; 9 — рабочая часть магистрального канала; 10 — дюкер; 11 — водоотводящие каналы; 12 — ГЭС; 13 — внутрихозяйственные распределители; 14 — сбросной канал

достигать нескольких десятков и даже сотен километров. Далее вода поступает в междолевые каналы, а затем во внутрихозяйственную оросительную сеть, которая обеспечивает поливы и увлажнение возделываемых культур в нужных пределах (рис. 7).

Существующая практика орошения предусматривает следующие виды поливов: поверхностное самотечное; дождевание; подпочвенное.

Поверхностное самотечное орошение известно уже на протяжении тысячелетий и является наиболее распространенным на земном шаре. Оно может быть в виде поливов по бороздам и полосам либо в виде затопления. Поливы по бороздам применяются для пропашных культур, а по полосам — для культур узкорядного сева, к которым относятся зерновые и травы. Эти способы не всегда обеспечивают равномерное увлажнение по длине участка и могут вызывать размыв почвы. Полив затоплением применяется для риса. Существенным недостатком поверхностного самотечного орошения являются значительные потери на фильтрацию, а также на испарение. Просачивание большого количества воды в нижерасположенные горизонты вызывает подъем уровня грунтовых вод и сопутствующее ему засоление орошаемых земель. По этой причине на участки, подверженные указанным явлениям, иногда приходится прекращать подачу воды.

Более совершенным является дождевание, суть которого заключается в создании искусственного дождя определенной

интенсивности. Для этой цели в СССР используется большое количество дождевальных машин, среди которых имеются короткоструйные, среднеструйные и дальнеструйные. Начиная с 1971 г. стали широко внедряться высокопроизводительные агрегаты «Фрегат» и «Волжанка».

Орошение дождеванием позволяет производить подачу воды меньшими дозами, обеспечивает более равномерное увлажнение, резко сокращает непроизводительные потери воды и повышает механизацию труда на поливах. Как показали наблюдения, урожайность при дождевании несколько выше, чем при поверхностном орошении. В 1973 г. в СССР уже орошалось путем дождевания свыше 2,5 млн. га. В дальнейшем таким путем должно увлажняться не менее 50% орошаемых земель.

Подпочвенное орошение осуществляется путем прокладки труб или специальных ходов-кратовин на глубине 40—50 см от поверхности земли, в которые подается вода. При этом она поступает непосредственно в корневую зону, чем устраняются потери на испарение. Такие системы являются более прогрессивными, но пока они сложны и дороги.

В последние годы получило некоторое распространение капельное орошение. Суть его заключается в подаче воды с помощью трубок малого диаметра (0,5—2 см), из которых она через специальные капельницы поступает к растениям. По сравнению с дождеванием капельное орошение характеризуется значительно меньшим расходом воды.

Оросительная норма для каждой культуры — это сумма поливных норм. Число поливов устанавливается в зависимости от природных условий, способа орошения, требований агротехники и рода культур. Так, для пшеницы требуется 2—5, для хлопчатника 6—9, для сахарной свеклы 4—10, для кукурузы 5—8 поливов, а для многолетних трав 2—3 полива на каждый укос. Соответственно величины поливных норм колеблются от 500 до 900 м<sup>3</sup>/га, при дождевании их уменьшают до 300—100 м<sup>3</sup>/га. Продолжительность каждого полива находится в пределах 5—12 дней.

Обычно для каждой оросительной системы составляются графики поливов (рис. 8). Ввиду того что в хозяйстве имеются различные культуры, требующие дифференцированных сроков и объемов подаваемого количества воды, первоначальные графики отличаются большой неравномерностью. Для того чтобы уменьшить расчетные расходы и соответственно размеры поперечного сечения каналов и обеспечить их более равномерную работу на протяжении вегетационного периода, производится увязка поливного графика (рис. 9).

Основная задача обводнения заключается в удовлетворении потребностей сельского населения и скота в питьевой воде. Создаваемые при этом пруды и водоемы могут использоваться для разведения рыбы, водоплавающей птицы, а также для



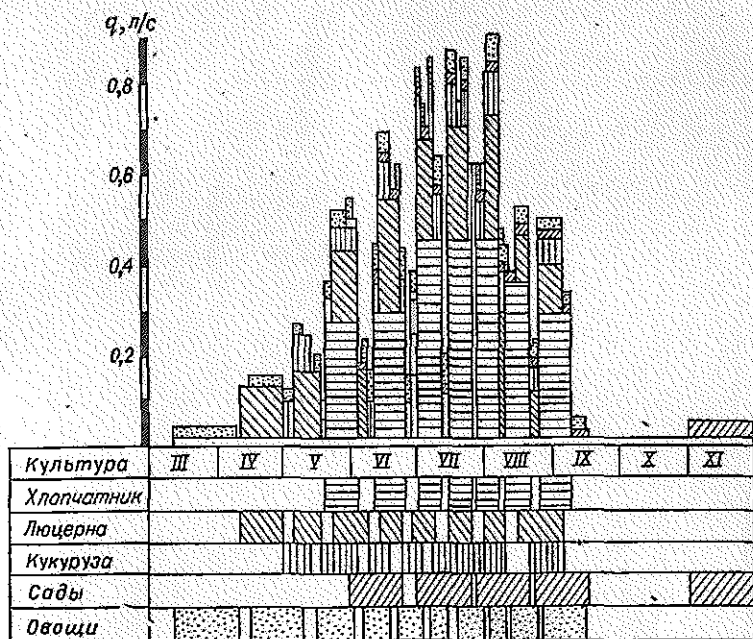


Рис. 8. Неувязанный поливной график

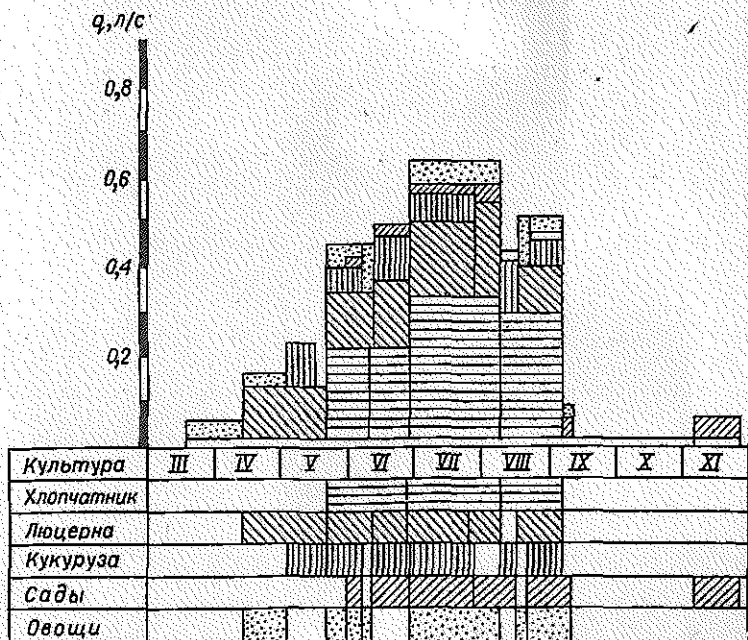


Рис. 9. Увязанный поливной график

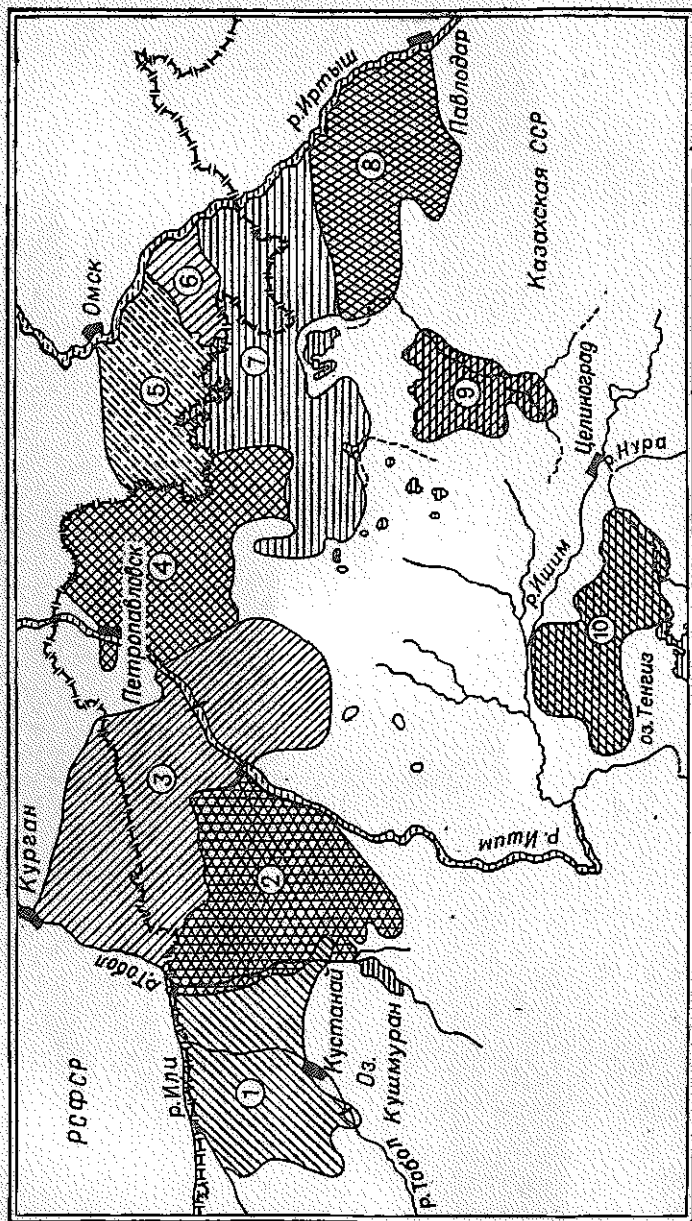


Рис. 10. Групповые системы водоснабжения в РСФСР и Казахстане

1 — Кустанайская; 2 — Ишимская; 3 — Пресновская; 4 — Булаевская; 5 — Таврическая; 6 — Омская; 7 — Беловодская; 8 — Павлодарская

орошения небольших участков и в противопожарных целях. Вода при обводнении может транспортироваться по отдельным, редко расположенным каналам или трубопроводам, а также добываться из вертикальных колодцев, которые широко применяются в полупустынных районах страны. Нормы водопотребления для сельского населения в зависимости от географического положения могут быть приняты равными 150—200 л/сут на одного человека. Для скота, с учетом его содержания в стойлах или на пастбищах, нормы колеблются в следующих пределах: коровы 30—65, телята 15—25, свиноматки 20—25, лошади 40—60, овцы 5—7 л/сут.

За последние годы получили большое распространение групповые сельскохозяйственные водопроводы, которые обеспечивают централизованную подачу воды довольно высокого качества. Наиболее крупными из них являются Ишимская и Булаевская системы водоснабжения в Казахстане. В частности, первая из них обслуживает 206 населенных пунктов при общей длине трубопроводов 1750 км, по которым ежедневно подается свыше 60 000 м<sup>3</sup> воды (рис. 10). Примерно такими же параметрами обладают Булаевская, Кустанайская и другие системы.

## § 5. ЭНЕРГЕТИКА

Из общего количества электроэнергии, вырабатываемой в СССР, около 83% приходится на долю тепловых и атомных электростанций и примерно 17% получают от гидроэлектростанций. Это соотношение сохранится на ближайшие 15—20 лет. Одновременно с этим намечается интенсивное развитие атомной энергетики.

Для работы тепловых и атомных электростанций необходимо большое количество воды. В основном она расходуется на выработку пара в котлах и конденсацию отработанного пара. Кроме того, она используется для охлаждения пара, масла, газа, воздуха, подшипников и при работе на твердом топливе — для гидравлического удаления золы и шлама.

Необходимые расходы воды для тепловых электростанций обычно определяют исходя из мощности агрегатов и их типа, а также в зависимости от количества отбираемого пара для нужд других предприятий (или же отсутствия его). Ориентировочно можно считать, что на 1 кВт установленной мощности расходуется от 0,16 до 0,45 м<sup>3</sup>/ч воды.

Большие значения относятся к малым турбинам среднего давления, а меньшие величины — к крупным турбинам высокого давления. Современные агрегаты рассчитаны на сверхкритические параметры пара при температуре его 580—600°С и давлении  $\approx$  240—260 кПа. Принимая мощность тепловой электростанции 2400 МВт и средний расход воды на 1 кВт равным 0,15 м<sup>3</sup>/ч, получим общий расход 100 м<sup>3</sup>/с, что по водности соответствует примерно такой реке, как Большая Уссурка.

Для обеспечения водоснабжения современных крупных тепловых электростанций их стараются расположить на берегах крупных рек, водохранилищ или в прибрежной морской зоне. При этом схема водоснабжения может быть прямоточной. Однако в ряде случаев тепловые электростанции приходится располагать непосредственно у месторождений топлива и очень часто в условиях ограниченных водных ресурсов (центральная часть Казахстана, Донбасс, Кузбасс и другие районы), что вызывает необходимость перехода к оборотным системам водоснабжения.

Для охлаждения в оборотных системах применяются водохранилища-охладители, брызгальные бассейны и градирни. Ввиду того что интенсивность охлаждения растет с увеличением поверхности водоема, стараются увеличивать его площадь. Обычно тип и размеры охладителя устанавливают исходя из величин расходов и температур охлаждаемой воды в зимний и летний периоды, условий работы и природных особенностей данной площадки. В качестве водохранилищ-охладителей могут быть использованы озера и искусственные водоемы. Охлаждение сбрасываемой в них горячей воды происходит не по всей площади зеркала, а в пределах лишь так называемой активной зоны, площадь которой примерно равна 0,85 всего водоема.

Брызгальные устройства применяются для охлаждения сравнительно небольших расходов воды и при небольшой разности температур между отработанной и потребляемой вновь охлажденной водой. Понижение температуры горячей воды достигается путем создания фонтанов весьма мелких капель, которые иногда вызывают образование туманов и обледенение расположенных вблизи сооружений. В градирнях охлаждение воды осуществляется либо путем раздробления ее на капли при подаче сверху на специальные решетки, либо путем образования водяных пленок из охлажденной воды на вертикальных или наклонных щитах. Производительность таких градирен зависит от площади орошения, на которую поступает охлажденная вода, в современных градирнях она составляет 26—100 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

В связи с интенсивным развитием тепловой и атомной электроэнергетики и соответствующим увеличением использования воды возрастает так называемое тепловое загрязнение водоемов и водотоков. Особенно это проявляется при прямоточной системе водоснабжения, когда непосредственно в реки и водоемы сбрасывается горячая вода. Она пагубно влияет на растительность и живые организмы в водоемах, в том числе на рыб. При этом наблюдается потеря в воде большого количества кислорода, что нарушает биологические процессы. Для восстановления содержания кислорода в воде при ее охлаждении требуются время и значительное расстояние для прохождения горячей воды. Поэтому осуществляется переход к оборотным системам водоснабжения. Существенную роль в энергетическом балансе

страны играют гидроэлектрические станции, которые по сравнению с другими электростанциями обладают значительными преимуществами: прежде всего отпадает постоянная необходимость добычи, подвозки, подготовки и подачи топлива, обеспечиваются лучшие условия для охраны водных ресурсов и природы. В отличие от других энергетических ресурсов гидроэнергия не иссякает, а постоянно возобновляется. Величина мощности, развиваемой потоком, может быть определена по зависимости

$$N = 9,8 QH, \quad (11)$$

где  $Q$  — средний годовой расход реки на рассматриваемом участке,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$H$  — падение реки на участке, м.

Гидростанции отличаются возможностью полной автоматизации, высоким коэффициентом использования гидроресурсов, большой маневренностью оборудования, малыми трудозатратами при эксплуатации. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой ГЭС, намного меньше себестоимости энергии, получаемой от тепловых и атомных электростанций. Одновременно с этим гидростанции выполняют функции регулирующих мощностей, которые покрывают пики и заполняют провалы графиков энергетических систем. Тем самым обеспечивается устойчивая работа систем как в течение года, так и в более короткие промежутки времени.

При строительстве гидростанций решается много хозяйственных задач. Плотины, создающие напоры на гидростанциях, образуют водохранилища. Вода из них расходуется для выработки электроэнергии, орошения, обводнения и водоснабжения. Подъем воды, особенно в верховьях водохранилищ, позволяет использовать их для судоходства, а периодические попуски воды вниз по течению дают возможность поддерживать требуемые для судов глубины. На реках, где случаются наводнения, водохранилища аккумулируют значительную часть паводкового стока и тем самым защищают нижерасположенные земли от затопления. Кроме того, созданные водоемы используются для воспроизводства рыбных запасов, водного отдыха и туризма.

На крупных равнинных реках, таких как Волга, Днепр, Обь, Иртыш и других, целесообразно осуществлять каскады гидростанций. Для этого все падение реки разбивают на ряд ступеней в виде плотин. Образованная при этом система водохранилищ обеспечивает аккумуляцию большей части снегового и ливневого стоков и планомерное распределение их на протяжении года для удовлетворения потребностей различных отраслей народного хозяйства. Хорошим примером в этом направлении является реализованная схема комплексного использования р. Волги (рис. 11).

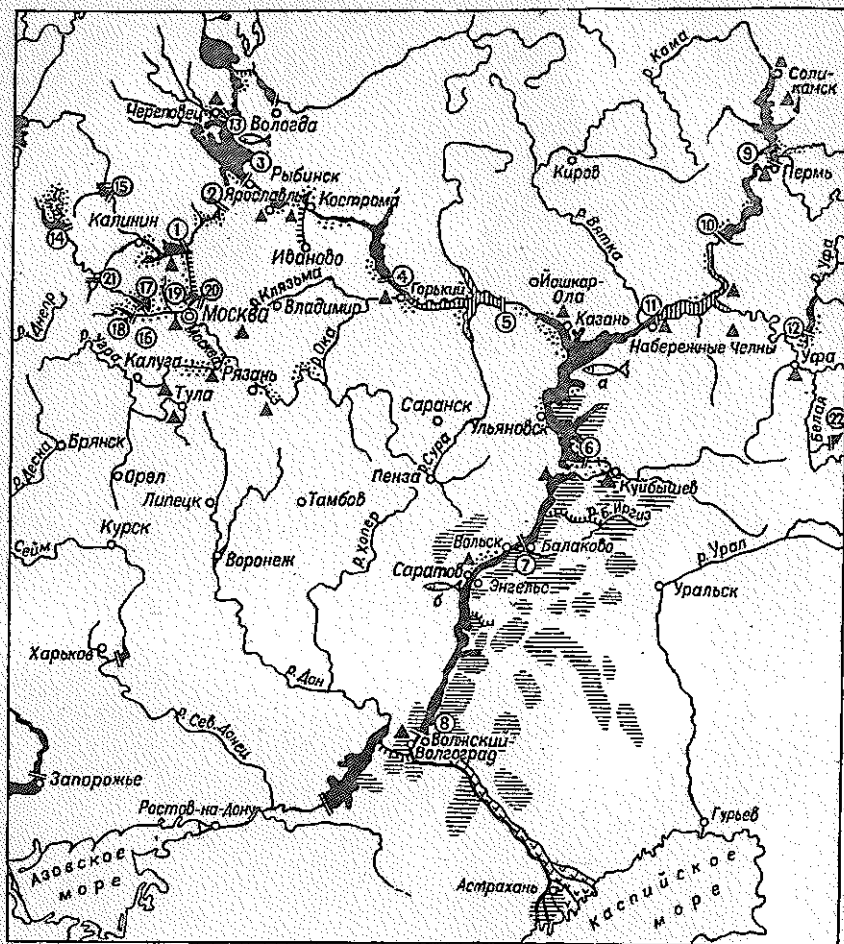


Рис. 11. Схема Волжско-Камского каскада гидроузлов

I — крупные и средние гидроузлы: а — существующие; б — строящиеся; 1 — Иваньковский; 2 — Угличский; 3 — Рыбинский; 4 — Горьковский; 5 — Чебоксарский; 6 — Куйбышевский; 7 — Саратовский; 8 — Волгоградский; 9 — Камский; 10 — Воткинский; 11 — Нижнекамский; 12 — Павловский; 13 — Шекспинский; 14 — Верхневолжский; 15 — Вышневолоцкий; 16 — Рузский; 17 — Озеринский; 18 — Можайский; 19 — Истринский; 20 — гидроузлы и водохранилища водораздельного бьефа канала им. Москвы; 21 — Вазузский; 22 — Нугуский; III — крупные каналы; IIII — районы существующего и первоочередного орошения; IV — крупные теплоэлектростанции; V — районы массового отдыха; VI — зона влияния специального рыбохозяйственного и сельскохозяйственного выпуска в низовьях Волги



В Советском Союзе, как и в других странах мира, применяют схемы использования водной энергии рек в виде приплотинной и деривационной. В первом случае здание гидростанции располагается рядом с плотиной или совмещается с ней. Такие схемы осуществляются на равнинных реках, обладающих незначительными уклонами.

При значительном падении рек, что имеет место в горных и предгорных районах, применяют деривационные схемы. Для этого часть расхода реки отводится по специальному каналу или туннелю, которые прокладывают с наименьшими уклонами. Это дает возможность в конце деривации получить значительный перепад между уровнем воды в канале или в туннеле и реке. Иногда приходится прибегать к комбинированным решениям, предусматривающим сочетание приплотинной и деривационной схем.

Режим использования воды электростанций определяется потреблением энергии различными отраслями народного хозяйства. Потребность в электроэнергии меняется в течение суток, недели, месяца и года. При этом суточные колебания вызваны в основном резким изменением в расходовании энергии на различные бытовые и коммунальные нужды (рис. 12). Большую роль играют также промышленные предприятия, работающие в одну или две смены.

Недельные колебания нагрузки связаны с режимом работы различных учреждений и соответствующим распределением выходных дней. Месячные и годовые изменения нагрузки происходят вследствие специфики тех или иных производств и в особенности сезонности их работы. В первую очередь сюда нужно отнести сельское хозяйство, некоторые строительства, торфоразработки и т. д.

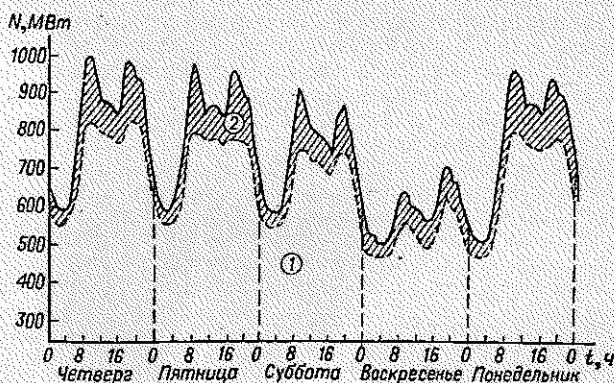


Рис. 12. Зимние суточные графики нагрузки объединенной энергосистемы

1 — тепловые электростанции; 2 — гидроэлектростанции



Для характеристики режима электропотребления строят графики нагрузки для данного района или всей энергосистемы. Из них наибольшей неравномерностью отличаются суточные графики, в которых отношение абсолютного максимума к среднечасовому доходит до 2—3. Значительно меньшая неравномерность характерна для недельных, месячных и особенно годовых графиков нагрузки.

Выработка электроэнергии в известной мере меняется пропорционально количеству используемой воды. Для тепловых и атомных электростанций регулирование выработки решается путем включения или выключения агрегатов, что соответственно изменяет количество расходуемой воды. Особое значение это имеет при прямоточной системе водоснабжения и практически не вызывает затруднений при наличии оборотной схемы, за исключением, пожалуй, летнего времени.

Несколько сложнее обстоит дело с графиком использования воды на гидростанции. Его можно построить для соответствующих конкретных условий, в частности, для определенной гидростанции или целого гидроэнергетического каскада. Для этого нужно располагать величинами напоров и характером изменения их в течение года, а также коэффициентами полезного действия (к. п. д.) гидромеханического и электромеханического оборудования. Кроме того, необходимо знать те части графика энергосистемы, которые должны быть покрыты за счет работы гидростанций. Для нахождения средней величины расхода на протяжении некоторого периода времени можно воспользоваться формулой

$$Q' = N/kH, \quad (12)$$

здесь  $Q'$  — расход гидростанции,  $m^3/c$ ;

$N$  — используемая мощность гидростанции, кВт;

$H$  — расчетный напор, м;

$k$  — коэффициент мощности.

Коэффициент мощности можно представить как

$$k = 9,8\eta_t\eta_g,$$

где  $\eta_t$  — к. п. д. турбин, равный 0,85—0,95;

$\eta_g$  — к. п. д. генераторов, равный 0,96—0,98.

Для крупных гидростанций с современным оборудованием  $k=8\div 9$ , для малых гидростанций с устаревшим оборудованием  $k=6,0\div 7,5$ .

## § 6. ТРАНСПОРТ

При использовании воды для нужд транспорта следует исходить из его вида. Транспорт разделяется на наземный, подземный, воздушный и водный. Наземный транспорт включает в себя железнодорожный, автомобильный и гусеничный; подземный в основном представлен линиями метрополитена.

Соответствующими нормами устанавливается примерное количество воды, расходуемое различными видами транспорта. Так, на один паровоз в сутки необходимо 10—20 м<sup>3</sup>, на электровоз за смену 12—15 л, на грузовую автомашину в сутки 50—60 л и т. д.

Требования водного транспорта заключаются в обеспечении нормальных условий для судоходства в течение всего навигационного периода. При этом часть воды расходуется для работы и охлаждения судовых установок, что определяется специальными нормативами.

Под нормальными условиями для судоходства, в равной степени как и для лесосплава, подразумевают поддержание необходимых глубин, ширины и радиусов закруглений на всем протяжении эксплуатируемого водного пути. Эти габариты устанавливаются в зависимости от типов и размеров судов и лесосплавных устройств.

На долю внутреннего водного транспорта в общем грузообороте всех видов транспорта приходится около 8%. Несмотря на его небольшой удельный вес, он имеет существенное значение для различных отраслей народного хозяйства. Это объясняется тем, что водный транспорт весьма удобен для перевозки массовых грузов — леса, нефти, хлеба, соли, удобрений, строительных материалов — на большие расстояния, стоимость же перевозки по сравнению с другими видами транспорта является наименьшей. Водный транспорт особенно эффективен в районах, богатых полезными ископаемыми, но лишенных шоссейных и железных дорог. Общая протяженность эксплуатируемых внутренних водных путей в 1974 г. превысила 150 тыс. км, при этом свыше 50% всех перевозок приходится на долю РСФСР.

Для поддержания необходимых судоходных условий приходится осуществлять ряд мероприятий, к числу которых относятся организация обстановки и регулирование габаритов водных путей. Под созданием обстановки подразумевается расстановка необходимых знаков и устройство специальной сигнализации, что должно обеспечить безаварийное плавание судов.

Регулирование габаритов водных путей заключается в проведении комплекса различных работ. К ним относятся очистка и углубление русла, спрямление извилистых участков с целью сокращения длины пути и различные выправительные работы. Последние проводятся путем возведения ряда выправительных сооружений, обеспечивающих создание устойчивого и неразрываемого русла.

При наличии на судоходных путях различных гидроузлов интересы водного транспорта должны быть увязаны с запросами других водопользователей. Обеспечение необходимых глубин в этом случае достигается периодическими попусками из водохранилищ в нижний бьеф. При дефиците воды, особенно

в межень, вместо попусков приходится осуществлять дноуглубление или устройство специальных прорезей на отдельных мелких участках и перекатах. Особенно это необходимо в тех случаях, когда еще не закончено строительство всех гидроузлов каскада, в соответствии с проектом комплексного использования данной реки. Участки реки, на которых пока еще не осуществлено строительство намеченных гидроузлов, вследствие чего здесь наблюдаются небольшие глубины, называют разорванными бьефами. В частности, такими являются участки на р. Волге от верхней границы Куйбышевского водохранилища до г. Горького и на р. Каме до Воткинской ГЭС. После завершения строительства Чебоксарской и Нижнекамской гидростанций на этих трассах будут обеспечены нужные судоходные глубины.

На реках с гидроузлами вода расходуется не только для поддержания нужных судоходных глубин, но и на шлюзование. Суточный объем воды, потребный для этого, определяется размерами шлюзных камер и числом шлюзований в сутки. Аналогично решаются вопросы, связанные с пропуском леса, который может сплавляться россыпью, в кошелях, плотами и на судах.

При одинаковых размерах шлюзных камер расход воды на шлюзование обратно пропорционален числу камер. Проведение встречных шлюзований позволяет сократить объемы потребной воды на 20—30%, что имеет существенное значение в условиях ограниченных водных ресурсов. Иногда в этих же целях прибегают к устройству специальных сберегательных бассейнов, судоподъемников или судовозных дорог.

При создании крупных водохранилищ необходимо учитывать возможные изменения в условиях плавания судов, связанные в первую очередь с необходимостью перегрузки судов в верхних бьефах, с образованием больших ветровых волн, организацией обстановки на больших акваториях и др. Для обеспечения повышенных грузопотоков и безопасности плавания судов в крупных водохранилищах, как правило, строятся водные порты для отстоя и перегрузки судов.

## § 7. ЗДРАВООХРАНЕНИЕ И СПОРТ

С каждым годом расширяется сеть лечебных учреждений, использующих значительное количество воды. Большую часть из них представляют санатории и больницы с грязеводолечением. При этом на одного больного в сутки нужно 400—500 л воды, а иногда и 700—800 л.

При использовании минеральных источников в лечебных целях должны быть приняты меры к охране, с тем чтобы не допустить их истощения или загрязнения.

Для пополнения плавательных бассейнов в закрытых помещениях ежедневно расходуется около 15% объема воды, а на одного человека с учетом приема душа нужно около 100 л

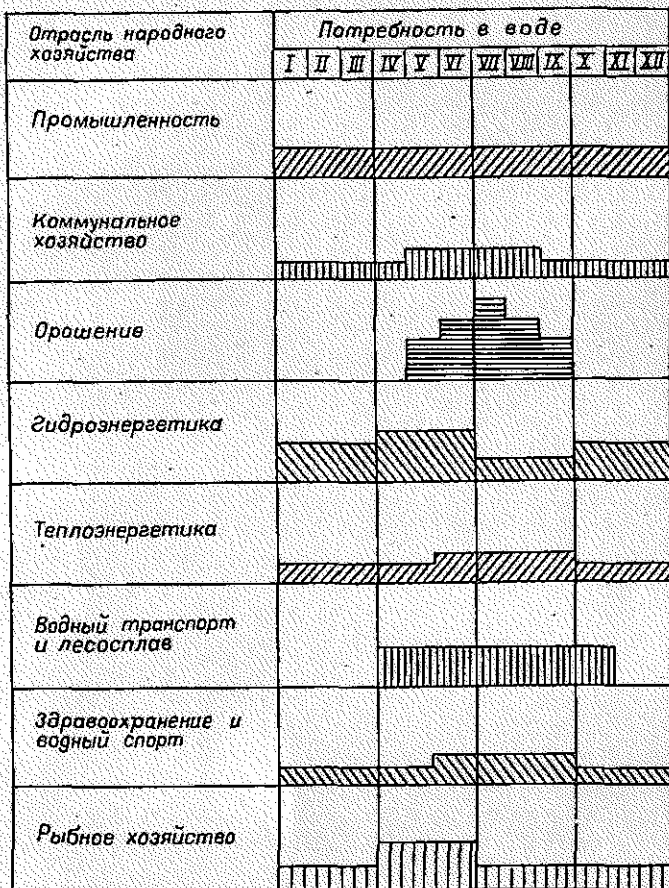


Рис. 13. Схема водопользования для различных отраслей народного хозяйства

в сутки. Для спортсменов, занимающихся на стадионах и в спортзалах, норма расходования воды примерно в два раза меньше. При проектировании спортивных комплексов учитываются нужды зрителей, на каждого из которых предусматривается около 3 л.

Все большее развитие получают водный спорт и туризм как виды отдыха населения. Это связано с увеличением протяженности водных путей и образованием больших водохранилищ.

По приближенным данным, на единицу плавсредств, находящихся в личном пользовании (катер, яхта, лодка), рекомендуется площадь водной акватории 0,5—0,7 га. Специальные

зоны отдыха, включающие лесопарковую территорию, пляж и водные пространства, должны находиться под постоянным контролем и тщательно охраняться. Вблизи мест массового отдыха недопустим выпуск сточных канализационных вод или загрязнение воды какими-либо другими вредными отходами. Желательно исключать для отдыха участки водохранилищ, в пределах которых происходит резкое колебание уровня воды. Нельзя использовать для этой цели мелководья (глубиной до 2 м), где происходит периодическое обсыхание и затопление площадей и возможно образование очагов выплода личинок малярийных комаров.

Прибрежные полосы, используемые для пляжей, должны быть очищены от различных свалок и мусора. Нецелесообразно включать в границы пляжей береговые участки с обрывами и резким изменением глубины, а также площади с сильно засоренным дном. Нужно стремиться к тому, чтобы каждый искусственный водоем, используемый для отдыха, обладал проточностью. Не рекомендуется задерживать в водохранилищах первые объемы весенних паводков, так как они наиболее загрязнены различными органическими и минеральными веществами, а также содержат многочисленные бактерии и другие живые организмы. Опыт эксплуатации ряда водохранилищ (Каховское и Кременчугское на р. Днепре, Цимлянское на р. Дон и др.) показал, что недостаточно хорошая подготовка ложа и несоблюдение ряда других мер приводят к интенсивному развитию сине-зеленых водорослей, пагубно влияющих на флору и фауну водоемов. Кроме того, в результате весьма сложного взаимодействия гидрохимических и микробиологических процессов ухудшается состав воды и резко сокращаются площади, которые могли бы быть использованы для отдыха, водного спорта и туризма.

На рис. 13 схематически изображены потребности в воде различных отраслей народного хозяйства. Из схемы видно, что эти потребности весьма разнообразны и существенно изменяются на протяжении года. Поэтому увязка их в пределах речного бассейна представляет собой сложную задачу.

# Глава 3. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС, ЕГО КОМПОНЕНТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

## § 1. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Начало комплексного использования водных ресурсов было положено ленинским планом ГОЭЛРО. В соответствии с этим планом предусматривалось строительство ряда тепловых и гидроэлектрических станций. В число последних входили Волховская, Нижнесвирская, Днепровская и ряд других. Водоохранилища, созданные при гидростанциях, одновременно с решением вопросов гидроэнергетики обеспечивали необходимые условия для судоходства и частично разрешили проблему водоснабжения некоторых промышленных предприятий.

Не менее важным был декрет об ассигновании 50 млн. руб. для проведения первых крупных оросительных работ в Туркестане на территории Голодной степи. По решению Совнаркома РСФСР в этот период были организованы специальные научно-исследовательские институты в области водного хозяйства: Государственный гидрологический институт (ГГИ) и Государственный научно-мелиорационный институт (ныне Всесоюзный научно-исследовательский институт им. Ведынеева).

По мере развития Советского государства непрерывно росли объемы водохозяйственного строительства. Плановость социалистического хозяйства позволяет учитывать интересы все возрастающего числа водопользователей.

В современных условиях, и особенно при рассмотрении перспектив развития народного хозяйства, большое значение приобретают водохозяйственные комплексы.

Под водохозяйственным комплексом следует понимать систему социально-экономических и технических мероприятий по использованию водных ресурсов в интересах планомерного развития участников этого комплекса исходя из запросов народного хозяйства.

К участникам, или компонентам, относятся водоснабжение, водоотведение, гидротехнические мелиорации, гидроэнергетика, водный транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, здравоохранение и водный туризм. При этом в гидротехнические мелиорации входит не только проведение оросительных и осушительных работ, но и осуществление большого комплекса

мероприятий, направленных на борьбу с вредным воздействием вод: защита от наводнений, борьба с водной эрозией, селевыми потоками, оползнями и разрушением берегов, а также с заболачиванием и засолением почв.

В современном представлении каждый водохозяйственный комплекс должен удовлетворять следующим основным условиям:

1) наиболее рационально обеспечивать запросы участников комплекса как по количеству используемой воды, так и по ее качеству;

2) не допускать ухудшения природных условий и гарантировать охрану водотоков и водоемов от загрязнения и истощения;

3) обеспечивать наиболее высокую экономическую эффективность для всех участников комплекса;

4) гарантировать достаточно простую и вместе с тем надежную систему эксплуатации всей совокупности водохозяйственных сооружений (плотин, гидростанций, насосных установок, каналов, трубопроводов, различных сооружений на распределительной сети и т. д.), обеспечивая при этом их достаточную долговечность.

Следует заметить, что удовлетворение запросов различных участников водохозяйственного комплекса является весьма сложной задачей, ибо требования их бывают довольно противоречивы и порой не могут быть разрешены одновременно. Так, для водного транспорта нужно поддерживать необходимые судоходные глубины в навигационный период, что совпадает с наибольшей потребностью в воде для целей орошения. Аналогичным примером может служить сочетание интересов гидроэнергетики и рыбного хозяйства. Как правило, в больших водохранилищах, расположенных на крупных равнинных реках, весной аккумулируют значительную часть паводкового стока, с тем чтобы планомерно использовать его для выработки электроэнергии, поддержания нужных судоходных глубин в нижнем бьефе и для других целей. Однако в весенний период возникает потребность в попуске значительных расходов воды из водохранилища в нижний бьеф, чтобы не допустить обсыхания нерестилищ и мелководий, в которых обитает рыба. Особенно эта потребность ощущается в низовьях Волги, Днепра, Дона, Кубани и других рек.

Для того чтобы удовлетворить нужды рыбного хозяйства, приходится производить специальные попуски в нижний бьеф, что сопряжено с сокращением выработки электроэнергии на гидростанциях, расположенных выше по течению. Иногда интенсивное проведение осушительных работ в больших заболоченных районах приводит к сокращению водоносности рек и их отдельных притоков, что может нарушить интересы ряда водопользователей.



За годы Советской власти в нашей стране создано много крупных водохозяйственных комплексов. Прежде всего к ним относится каскад крупных водохранилищ на реках Волге, Каме и Днепре. Наряду с гидроэнергетикой в зонах этих гидроузлов успешно удовлетворяются запросы других участников комплекса, а именно: водоснабжение городов, промышленных предприятий и тепловых электростанций, орошение, водный транспорт и лесосплав. Во многих из созданных на этих реках водохранилищах имеются условия для воспроизводства рыб.

Мингечаурский гидроузел на р. Куре обеспечил создание крупного водохранилища, предназначенного для борьбы с наводнениями, выработки электроэнергии, орошения и водоснабжения. Канал им. Москвы разрешил проблему водоснабжения столицы и связал ее судоходными путями с Каспийским, Черным и Азовским морями; одновременно были построены три небольшие гидростанции. Волго-Донской судоходный путь обеспечил сквозное судоходство между Волгой и Доном, а также орошение засушливых земель, водоснабжение некоторых предприятий и рыбоводство. Кроме того, за счет Цимлянской ГЭС, входящей в состав этого комплекса, учтены и вопросы гидроэнергетики. Как уже было указано, для крупных равнинных рек — Волги, Камы, Днепра, Немана, Западной Двины — ведущим участником водохозяйственного комплекса является гидроэнергетика. Это же относится и к сибирским рекам Оби, Иртышу, Енисею, Ангаре и др. Обычно на втором месте в указанных районах находятся судоходство и водоснабжение.

По мере продвижения на юг все заметнее ощущается дефицит воды, в первую очередь для орошения и обводнения плодородных, но засушливых земель. Поэтому в южных и юго-восточных зонах основным участником водохозяйственного комплекса является орошение, а второстепенными — гидроэнергетика и водоснабжение (рис. 14). Во всех случаях осуществления водохозяйственных комплексов стремятся также удовлетворить запросы рыбоводства, здравоохранения и водного туризма. Ввиду того, что масштабы водопользования и безвозвратные потери непрерывно возрастают, воду необходимо рассматривать как наиболее ценный вид сырья, количество которого непрерывно убывает. Поэтому нужно принимать радикальные меры по экономному расходованию воды и охране водных источников от загрязнения и истощения.

При осуществлении водохозяйственных комплексов следует рассматривать каждый речной бассейн как единую водохозяйственную систему, все элементы которой в виде рек, ручьев, озер, прудов, водохранилищ, болот и подземных вод взаимно связаны и находятся в своеобразном гидрологическом равновесии. Поэтому при частичном использовании одного или нескольких элементов нельзя допускать нарушения нормальной деятельности всей системы в целом.

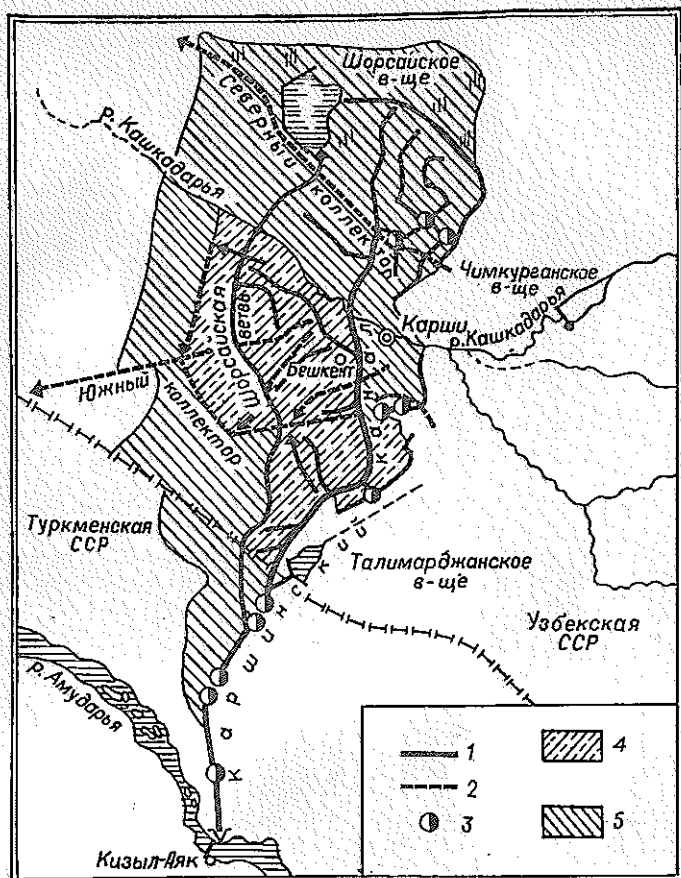


Рис. 14. Схема орошения Каршинской степи

1 — магистральные каналы; 2 — основные коллекторы; 3 — насосные станции; 4 — площади первоочередного орошения; 5 — площади перспективного орошения

Проектируя и строя различные гидротехнические сооружения, нельзя забывать и о том, что водная стихия является весьма опасным противником, который жестоко мстит за допущенные ошибки и просчеты, принося колоссальные убытки, сопровождающиеся порой человеческими жертвами. История человечества насчитывает много случаев прорыва дамб и плотин, разрушений гидростанций, судоходных шлюзов, каналов, трубопроводов и других сооружений, предназначенных для использования воды в различных целях и для защиты от ее вредного воздействия.

Все изложенное лишней раз свидетельствует об исключительной сложности проектирования и осуществления различных водохозяйственных мероприятий.

## § 2. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

По своему значению в народном хозяйстве водоснабжение населения и промышленности, а также связанный с этим отвод использованных вод (водоотведение) являются важнейшими участниками водохозяйственного комплекса.

В 1970 г. для нужд всех видов водоснабжения потреблялось около 80 км<sup>3</sup> свежей воды, при этом общий объем воды, находившейся в хозяйственном использовании, достигал примерно 250 км<sup>3</sup>. В связи с быстрым ростом населения и интенсивным развитием промышленности эти объемы в обозримой перспективе могут возрасти в 2—2,5 раза.

Для коммунального водоснабжения расходуется не более 10% от общего объема свежей воды, забираемой из водотоков и водоемов. Остальные 90% потребляются примерно в одинаковом соотношении промышленностью и энергетикой.

На протяжении последних лет проведены большие работы по водообеспечению крупных промышленных предприятий, расположенных в зонах с ограниченными водными ресурсами. Сюда прежде всего нужно отнести Донбасс, Южный Урал, Северный и Центральный Казахстан. Для водоснабжения Донбасса был построен канал Северский Донец\*—Донбасс длиной 132 км с расходом 25 м<sup>3</sup>/с, успешно строится канал с еще большей пропускной способностью с забором воды из р. Днепра. Потребности Криворожского промышленного района были удовлетворены после завершения строительства канала Днепр—Кривой Рог протяженностью 76 км с расходом 35 м<sup>3</sup>/с.

Созданы крупные водохранилища на Урале—Большое Магнитогорское, Верхнекизыльское, Ириклинское и др. Наиболее крупным искусственным источником водоснабжения явился канал Иртыш—Караганда длиной 455 км с расходом воды в начале 76 м<sup>3</sup>/с. Для подъема воды на высоту 450 м построены 22 крупные насосные станции. Канал обеспечил водоснабжение многих городов и промышленных предприятий в Северном и Центральном Казахстане. В дальнейшем подача воды будет продолжена до г. Джекказгана и еще далее на запад. Таким образом, общая дальность транспортировки воды превысит 1000 км.

К числу наиболее актуальных проблем водоснабжения промышленности, которые нужно решать в последующие годы, относятся:

---

\* В некоторых литературных источниках он известен под старым названием — Северный Донец.

1) удовлетворение потребностей Уральского экономического района;

2) водоснабжение промышленных районов, расположенных в середине европейской части СССР, в число которых входят Тульско-Новомосковский, Воронежско-Липецкий и Белгородско-Курский;

3) водообеспечение промышленных районов Украины;

4) удовлетворение потребностей Кузнецкого бассейна;

5) водоснабжение г. Баку и промышленных предприятий, расположенных на Апшеронском полуострове.

Наряду с перечисленными проблемами имеется и ряд других задач, связанных с водоснабжением промышленности, развивающейся весьма быстрыми темпами в различных районах страны.

Особое значение приобретает всемерное сокращение количества воды, потребляемого различными предприятиями. Это весьма важно в связи с тем, что перспективное развитие промышленности имеет следующие особенности:

1) чрезвычайно быстрый рост водоемких производств, к которым в первую очередь относятся химические, целлюлозно-бумажные, металлургические и машиностроительные предприятия;

2) укрупнение мощности и комбинирование производств, что вызывает необходимость создания больших и централизованных источников водоснабжения;

3) появление крупных промышленных районов, потребляющих большое количество воды.

В соответствии с перспективными планами развития народного хозяйства самые крупные и водоемкие предприятия будут размещаться в наиболее водообеспеченной зоне, к которой прежде всего относятся районы Западной и Восточной Сибири.

Сокращение удельного водопотребления, т. е. количества воды, расходуемого на единицу производственной мощности, должно осуществляться по таким направлениям:

1. Наиболее оптимальное использование воды. Как известно, вода в большом количестве расходуется на охлаждение оборудования и промывку деталей. При этом перерасход воды происходит при технологическом недогреве выходящей охлаждающей воды и при незначительной концентрации смываемого вещества в промывной воде.

Устранение этих упущений, что может быть достигнуто соответствующей автоматизацией, позволяет сократить расход воды на 5—15%. Своевременное удаление карбонатных отложений со стенок теплообменников, изменение конструкций промывных ванн и другие усовершенствования также дают возможность экономии воды.

2. Изменение технологической схемы производства. Здесь могут быть рекомендованы новые схемы промывки и охлаждения (в частности воздушные способы охлаждения механизмов

и различных агрегатов, уменьшение непроизводительных потерь воды на фильтрацию и испарение). Сюда же можно отнести и изменение качества воды, что достигается с помощью ее подогрева, добавки различных реагентов, смягчения и т. д. Приближенные расчеты показывают, что только за счет использования первых двух направлений количество потребляемой воды в отдаленной перспективе может быть снижено до 30—50%.

3. Всемирное развитие систем оборотного, повторного и последовательного использования воды.

В 1965 г. оборотное водоснабжение не превышало половины общего водопотребления, при этом безвозвратные потери составляли 3,7%. В перспективе практически почти все промышленные предприятия должны быть переведены на оборотную систему водоснабжения, что резко сократит потребление свежей воды и одновременно почти полностью прекратит сброс сточных вод в водоемы и водотоки.

Из имеющегося опыта использования оборотного водоснабжения следует, что при его применении резко сокращается потребное количество свежей воды. Так, например, на новых нефтеперерабатывающих заводах требуемое количество свежей воды в 30—40 раз меньше по сравнению со старыми предприятиями.

Наряду со строительством новых промышленных объектов с оборотной системой водоснабжения необходимо будет реконструировать действующие предприятия, на что потребуются значительные средства.

Большое значение приобретают вопросы, связанные с водоснабжением крупных тепловых и атомных электростанций. По приближенным данным, объем воды, расходуемой теплоэнергетикой, в перспективе увеличится в 2,5—3 раза.

Предстоит увеличить удельный вес использования воды в системах оборотного и повторного водоснабжения до 75—80%. Поэтому весьма важна разработка новых, более совершенных, видов различных охладительных устройств. Одновременно с этим необходимо решить вопросы наиболее рационального расположения крупных тепловых электростанций по отношению к водным источникам. Не всегда бывает ясно, что выгоднее: размещать ли тепловые электростанции вблизи водоемов и водотоков и подвозить к ним необходимое топливо или же поступать наоборот.

Это в известной мере относится и к другим водоемким предприятиям. Поэтому для решения данных вопросов приходится производить тщательное технико-экономическое сравнение нескольких вариантов.

В ряде случаев целесообразно использовать отработанные теплые воды, которые могут применяться для орошения различных сельскохозяйственных культур, а также для разведения некоторых видов рыб.

За годы Советской власти число водопроводов в городской и сельской местности возросло в 15 раз, а число канализированных населенных пунктов — примерно в 35 раз. Тем не менее коммунальное благоустройство отстает от общего развития промышленности, строительства городов и населенных пунктов. Так, в настоящее время централизованные водопроводы имеют около 85% городов и населенных мест, а длина водопроводных линий не превышает 43% общей протяженности улиц. В среднем по СССР потребление воды на одного жителя в городах и поселках с централизованным водопроводом составляет 150 л/сут, что в 2—2,5 раза меньше по сравнению с наиболее развитыми капиталистическими странами. В ряде случаев нужды промышленных предприятий покрываются за счет коммунальных водопроводов, чем ухудшаются санитарные условия для населения.

В значительно худшем состоянии по сравнению с водоснабжением находится канализация населенных мест. Общая длина канализационных линий не превышает половины протяженности водопроводов. Многие города не располагают централизованными канализационными системами, только 20% рабочих поселков имеют канализационные устройства.

Учитывая изложенное, предстоит провести большие работы по дальнейшему благоустройству населенных мест. Постепенно норма водопотребления в городах и крупных поселках должна быть доведена до 400 л/сут на одного жителя. Соответственно с ростом населения потребное количество свежей воды для хозяйственно-питьевых нужд увеличится в 4—5 раз, а общий объем канализационных стоков — примерно в 6 раз.

Особое значение в расчете на перспективу приобретают вопросы водоотведения, что связано со все возрастающим загрязнением водотоков и водоемов. Наиболее радикальный путь заключается в интенсивном строительстве и совершенствовании различных очистных сооружений. Это дает возможность значительно оздоровить водоемы и водотоки.

Понадобится разработать и новые приемы использования сточных вод. Прежде всего нужно осуществлять извлечение из них ценных составляющих, в которых испытывают потребность различные отрасли народного хозяйства, а также использовать эти воды (как коммунальные, так и промышленные) для нужд сельского хозяйства. Немаловажную роль будет играть разработка наиболее совершенных способов удаления и ликвидации твердых городских отходов.

В связи с интенсивной химизацией сельскохозяйственного производства большое значение приобретают исследования, направленные на предотвращение загрязнения водоприемников различными ядохимикатами, минеральными и органическими удобрениями, смываемыми с поверхности полей или поступающими с дренажными водами.



### § 3. ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ

#### Орошение и обводнение

Общая площадь всех сельскохозяйственных угодий в СССР составляет 608 млн. га, из них непосредственно для производства сельскохозяйственных продуктов используется 545 млн. га. Дальнейшее расширение полезных площадей возможно лишь при условии проведения довольно сложного комплекса различных мелиоративных работ, включая гидромелиорации, рубку леса, корчевку пней, планировку полей, подъем целины, уборку камня и т. д.

В зонах неустойчивого и недостаточного увлажнения расположено около 65% всех сельскохозяйственных площадей страны, в том числе свыше 64% пашни, около половины всех сенокосов и свыше 90% пастбищ. Эти зоны характеризуются частыми засухами, вероятность которых колеблется от 30% у северной границы до 100% на юге. Общий недостаток водопотребления для зерновых культур в среднесухой год составляет 48—80%. Нормальное развитие сельского хозяйства здесь невозможно без орошения и обводнения. Орошение применяется для выращивания хлопчатника, риса, фруктов и винограда, зерновых, овощей и трав. Обводнение играет исключительно важную роль в развитии животноводства в степных и полупустынных областях страны. Оно получило большое распространение в Казахстане, Туркмении, Киргизии, на юге Украины и в других маловодных районах с интенсивным скотоводством.

Всего в СССР имеется около 13 млн. га земель с оросительной сетью (данные на 1971 г.), из которых поливается около 11,5 млн. га. Остальные площади не используются из-за их неподготовленности к поливу, а также из-за засоленности почв. Эти обстоятельства характерны для всех орошаемых территорий мира. Из всех ирригационных площадей на долю республик Средней Азии приходится около 47, Закавказья — 18, РСФСР — 15, Казахстана — 15 и Украины вместе с Молдавией — 5%. Наибольшее развитие орошение получило в Узбекистане, где находится свыше 26% всех поливных земель. По приближенным данным, общий объем воды, израсходованной на орошение в 1970 г., составил 136 км<sup>3</sup>, что соответствует примерно средней оросительной норме 12 000 м<sup>3</sup>/га.

Из всех участников водохозяйственного комплекса орошение характеризуется наибольшим безвозвратным водопотреблением, величина которого достигает 75% общего количества воды, забираемого для орошения из различных источников. В последующие годы предполагается существенно расширить орошаемые площади. Это необходимо для того, чтобы увеличить производство основных сельскохозяйственных продуктов и почти полностью устранить вредное воздействие неблагоприятных



климатических условий. Если в настоящее время производство зерна на одного жителя колеблется от 500 до 700 кг в год, то в дальнейшем норму следует довести до 900—1000 кг. Этого будет достаточно для создания необходимых запасов, а также для обеспечения прочной базы развития животноводства.

По так называемому биоклиматическому потенциалу (т. е. совокупности всех благоприятных природных факторов, положительно влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур) территория СССР находится в гораздо худших условиях по сравнению с европейскими странами и в особенности с США. Это обстоятельство лишний раз свидетельствует о необходимости широкого осуществления мелноративных мероприятий и в первую очередь — расширения орошаемых площадей.

В связи с этим в последующие годы будет развиваться строительство ирригационных систем в Куйбышевской, Волгоградской, Саратовской, Астраханской, Уральской областях и в Калмыкской АССР. При этом намечено широко использовать крупные водохранилища на р. Волге, вода из которых должна перекачиваться с помощью мощных насосных станций, потребляющих дешевую энергию волжских гидростанций. Орошаемые земли в этих областях в первую очередь будут использованы под посевы пшеницы.

На Северном Кавказе намечено построить ирригационные системы на площади свыше 1 млн. га, для чего будет использоваться сток рек Кубани, Кумы, Терека, Самура и Сулака. В числе прочих видов сельского хозяйства дальнейшее широкое развитие здесь получит рисосеяние.

В Украинской ССР предполагается значительное увеличение орошаемых земель. Для этого должна быть построена Каховская оросительная система с охватом 600—650 тыс. га, а также расширена сфера влияния Северо-Крымского канала (рис. 15). Намечается также строительство ряда более мелких систем. Основными источниками для орошения будут днепровские водохранилища, Буг, Днестр и другие реки. Ввиду того что водные ресурсы этих рек незначительны, в дальнейшем, по-видимому, понадобится осуществить переброску стока из северных рек. Основная часть орошаемых площадей на Украине и в Молдавии будет использована под посевы зерновых, овощей, трав, а также для интенсивного развития садоводства и виноградарства.

Будут продолжены ирригационные работы в Грузии, Армении и Азербайджане, прежде всего за счет использования существующих и создания новых водохранилищ. Проблемы орошения здесь, как и в других районах, должны решаться с учетом интересов всех участников водохозяйственного комплекса. Одновременно с завершением мелноративных работ в Голодной степи намечено развитие орошения в Каршинской степи

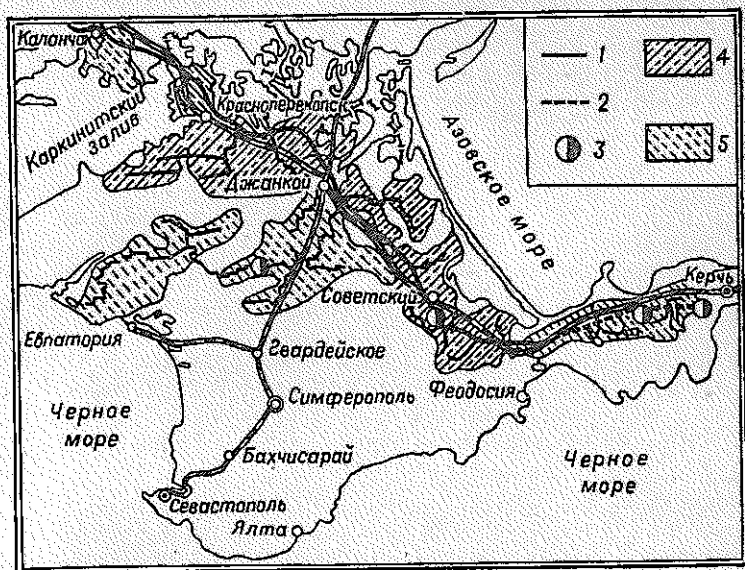


Рис. 15. Схема Северо-Крымского канала

1 — магистральные каналы существующие; 2 — то же, проектируемые; 3 — насосные станции; 4 — орошаемые площади; 5 — площади перспективного орошения

(рис. 14). Оба этих района явятся основным центром выращивания хлопчатника.

Будут продолжены работы в Ферганской долине, в долине р. Сурхандарьи, в Южном Таджикистане, а также на Чирчик-Ангрен-Келесском массиве. Для того чтобы обеспечить достаточно надежный и устойчивый водозабор из рек Сырдарьи и Амударьи и их притоков, предстоит завершить создание крупных водохранилищ, которые должны удовлетворить запросы ирригации, гидроэнергетики и частично водоснабжения. К ним в первую очередь относятся Токтогульское, Андижанское, Нурекское, Тахиаташское и др.

Особое значение имеет развитие орошения и обводнения в зоне Каракумского канала в Туркменской ССР, где водные ресурсы до строительства этого канала были крайне ограничены. В перспективе предполагается орошение юго-западной части Туркмении, где возможно возделывание ряда ценных субтропических культур.

В связи с быстрым развитием народного хозяйства необходимо интенсивное развитие оросительных мелиораций на юго-востоке Западной Сибири и в Кулундинской степи Алтайского края. Для этой цели намечается использовать воды рек Оби, Иртыша и их притоков.

Помимо названных районов, будет продолжаться строительство мелиоративных систем вблизи крупных промышленных центров, с тем чтобы обеспечить их первоочередными продуктами питания, прежде всего овощами, картофелем, фруктами. Примером в этом отношении может быть Донбасс, где на протяжении последних лет была создана хорошая база орошаемого овощеводства, что дало возможность не только полностью обеспечить потребности местного населения, но и вывозить овощи в другие районы.

Для успешного развития оросительных мелиораций в последующие годы предстоит решить много сложных задач. К числу их относятся следующие:

1) разработка наиболее рациональных режимов орошения в сочетании с агротехническими мероприятиями для различных культур в зависимости от природных условий, с тем чтобы обеспечить получение высоких и устойчивых по годам урожаев;

2) максимальная экономия оросительной воды и всемерное сокращение ее непроизводительных потерь. Это может быть достигнуто за счет применения трубопроводов различных диаметров и использования достаточно эффективных противоточных покрытий. Кроме того, перспективны стационарные и передвижные дождевальные установки с малой интенсивностью дождя, а также системы «капельного» орошения;

3) управление поливами должно быть автоматизировано и осуществляться с соответствующих пультов. При этом могут задаваться различные программы, в частности, одна из них должна базироваться на поддержании оптимального водно-воздушного, теплового и питательного режимов в пределах корневой зоны, а другая — исходить из интересов эксплуатационного персонала;

4) в процессе эксплуатации оросительных систем не должно происходить ухудшения природных условий местности, в особенности подъема уровня грунтовых вод.

Вероятно, в будущем появятся некоторые возможности для частичного уменьшения масштабов намеченного мелиоративного строительства в связи с тем, что с хлопком в какой-то мере способно конкурировать синтетическое волокно, а синтетический белок частично ограничит общую потребность животноводства в кормах. Однако работы, выполняемые в этом направлении, пока не дают достаточно исчерпывающих результатов, поэтому необходимость развития орошения очевидна.

## Осушение

В Советском Союзе площадь болот равна примерно 190 млн. га, около 27 млн. га земель находятся в состоянии длительного избыточного увлажнения. Многолетний опыт осушения и последующего освоения этих территорий показал высокую эф-

фективность сельскохозяйственного производства. На мелиорированных землях получают значительные урожаи зерновых, овощей, картофеля, трав и создают хорошие условия для развития животноводства. Как правило, средства, затрачиваемые на строительство осушительных систем, окупаются в течение 3—5 лет.

В 1970 г. общая площадь осушенных земель составила около 11 млн. га; из них на долю РСФСР приходилось 31, Латвии — 20, Белоруссии — 13,5, Украины — 13, Литвы — 11,4% и т. д. В дальнейшем предполагается довести общие площади осушенных земель до 27—30 млн. га. Наибольшие территории предстоит осушить в РСФСР и прежде всего в Барабинской низменности на площади до 1 млн. га. Это даст возможность улучшить снабжение населения Западной Сибири сельскохозяйственными продуктами. В дальнейшем начнется освоение земель, расположенных в поймах рек Оби и Иртыша. Здесь земли отличаются высоким плодородием, и поэтому использование их дает хороший экономический эффект.

В соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства нечерноземной зоны РСФСР» от 3 апреля 1974 г. будут продолжены работы по осушению переувлажненных угодий в северо-западных и северных районах РСФСР, к которым относятся Ленинградская, Псковская, Новгородская, Вологодская, Кировская, Ярославская, Московская и другие области. Заболоченность естественных сенокосных угодий достигает 25—30%, поэтому особое внимание при производстве мелиоративных работ будет обращено на создание высокопродуктивных лугов и пастбищ, с тем чтобы иметь надежную базу для животноводства. Значительно быстрее должны осваиваться земли, подтопленные в результате возведения плотин и других гидротехнических сооружений. Большой интерес в связи с этим представит также использование мелководий в зонах водохранилищ крупных гидростанций на Волге, Каме, Днепре, Дону и других реках. Мелководья — это части водохранилища с глубинами от 0 до 2 м, периодически подвергающиеся затоплению и обсыханию. Объем воды, заключенный в них, незначителен и играет ничтожную роль в увеличении выработки электроэнергии на гидростанции.

Вместе с тем мелководья представляют большую ценность для сельского хозяйства и рыбоводства. Как показали исследования, в каскаде волжских гидростанций мелководья занимают до 18% общей площади водохранилищ. В дальнейшем некоторые из них будут обвалованы и использоваться для высокопродуктивного земледелия, другая же часть может быть занята посевами риса и других влаголюбивых культур.

Особо сложно проведение осушительных работ в дальневосточных районах. Это обусловлено частыми наводнениями в бассейне р. Амура и его притоков. Кроме того, указанные районы

характеризуются значительной глубиной промерзания, достигающей в отдельных случаях 2,5 м. Поэтому для данных площадей необходимо прежде всего разработать научные основы осушения, включающие в себя защиту земель от затопления и вопросы регулирования влажности почвогрунтов в суровых климатических условиях.

По-прежнему интенсивно будут проводиться мелиоративные работы в Прибалтийских республиках, для которых характерна высокая культура осушения и освоения земель. В частности, урожай зерновых здесь в среднем равен 25—30 ц/га, что значительно выше, чем в сопредельных с ними областях.

Значительный объем работ предстоит выполнить в Белоруссии, в первую очередь в пределах Полесской и Мещерской низменностей. Сложность осушения заключается здесь в том, что почти все крупные и мелкие реки, являющиеся водоприемниками, находятся в заболоченном состоянии. Поэтому придется проводить их спрямление, углубление, расчистку и выправление.

Будет развиваться осушение пойменных земель на Украине и в Молдавии, продолжится освоение Колхидской низменности в Грузии и по-прежнему должны вестись осушительные работы в других республиках и областях.

При рассмотрении задач осушения на перспективу нужно уделять еще большее внимание решению следующих вопросов:

- 1) создавать осушительные системы, обеспечивающие двустороннее регулирование водного режима. Это означает, что осушительная сеть в виде открытых каналов и дрен должна быть предусмотрена не только для отвода воды, но и для задержания ее, с тем чтобы не допустить переосушки почвы в жаркое время года. В ряде случаев осушительная сеть может использоваться для подвода недостающего количества воды или же строиться совместно с дождевальными установками. Вопросы двустороннего регулирования водного режима также актуальны и для оросительных систем, где наряду с водоподводящей системой каналов и трубопроводов имеется водоотводящая сеть, предотвращающая возможность переувлажнения орошаемых участков;

- 2) стремиться к наиболее эффективному использованию водных ресурсов за счет создания небольших водохранилищ и прудов, в которых будет задерживаться местный сток. Это позволит использовать воду не только для дополнительного увлажнения сельскохозяйственных земель, но и для удовлетворения потребностей водоснабжения, рыбоводства, здравоохранения и водного туризма;

- 3) регулирование водоприемников должно вестись крайне осторожно, чтобы не допустить переосушки территории и уменьшения общей водоносности речного бассейна. При этом надлежит обращать особое внимание на необходимость сохранения перво-

начальных природных условий, в частности, фауны и флоры реки. В связи с этим, быть может, в дальнейшем несколько большее развитие получит польдерное осушение, включающее в себя систему защитных дамб, каналов, дрена и насосных станций, предназначенных для откачки воды из обвалованных пространств. Эта система осушения предотвращает также чрезмерное снижение уровня подземных вод, что способствует увеличению водоносности данного речного бассейна;

4) проектировать и строить наиболее долговечные мелиоративные системы, не препятствующие механизации сельскохозяйственных работ. В этом отношении наиболее прогрессивным является закрытый дренаж, доля которого в дальнейшем будет доведена до 70—80% общей площади всех осушенных площадей. Дренаж в наилучшей степени обеспечивает оптимальное регулирование водно-воздушного и теплового режимов почвогрунтов, что является основой получения достаточно высоких гарантированных урожаев.

### Защита от наводнений

Наводнения весьма распространены на земном шаре. Они характеризуются затоплением довольно больших территорий, что часто сопровождается человеческими жертвами и большими материальными убытками. В историю гидротехники вошли колоссальные катастрофы, вызванные прорывом дамб на реках Хуанхэ и Янцзы в Китае, на Миссисипи и Миссури в США, на Дунае в ряде европейских стран, в Голландии и других странах мира.

На территории Советского Союза основная причина наводнений — быстрый подъем уровней воды в реках в периоды интенсивного снеготаяния или при продолжительных дождях и ливнях. На некоторых реках наводнения вызываются ледовыми процессами.

Наводнения, вызванные снеготаянием, типичны для большинства равнинных рек. До создания каскада гидроузлов они наблюдались часто на Волге и Днепре. Особо высоким оказался подъем уровня воды в Волге у г. Куйбышева, зарегистрированный в 1926 г., на Енисее у г. Красноярска в 1879 г., на Немане в 1958 г. и др. Резкий подъем уровней воды, вызванный дождями большой интенсивности, характерен для бассейнов Амура, Днестра, рек Камчатки и Сахалина, а также для рек Черноморского побережья. Наибольших размеров достигают наводнения на р. Амуре и его притоках, где в течение летнего периода выпадает до 80—90% годового количества осадков. Самое большое наводнение за последние 80—90 лет зарегистрировано на р. Зее и ее притоке Селемдже, продолжавшееся около двух месяцев при подъеме уровня воды до 9 м. Особо катастрофическим было наводнение у г. Хабаровска в 1959 г.



Наводнения, происходящие вследствие загромождения речного русла льдом (заторов), характерны для большинства северных рек. Такие явления наблюдаются довольно часто в низовьях Северной Двины и в других прилегающих к ней районах. Наводнения, вызванные этими же причинами, бывали на р. Енисее в районе городов Енисейска и Красноярска. В 1937 г. подъем уровня Енисея у г. Енисейска достиг 16 м, в результате чего весь город был затоплен на глубину свыше 2 м.

Наводнения могут также происходить вследствие зажоров, или скоплений внутриводного льда, называемых шугой. Зажоры типичны для северных рек с порогами и с интенсивным перемешиванием воды по глубине потока. Наводнения, вызываемые этими причинами, распространены на Ангаре, Неве, реках Карельской АССР и в других районах.

Несмотря на большую разницу в природных условиях, зажоры происходят иногда на некоторых южных реках, в частности на Амударье, Сырдарье и Днестре, что сопровождается подъемом уровня воды и прорывом защитных дамб.

В особую категорию следует выделить наводнения, вызванные довольно сложными гидрометеорологическими процессами, происходящими над большими водными акваториями. Для подобных наводнений характерно образование длинных волн со значительным подъемом уровня воды. Эти явления типичны для Финского залива, особенно для его наиболее узкой части — Невской губы, где происходит нагон воды, следствием чего может быть подъем воды в р. Неве в пределах Ленинграда до 5 м.

Планомерная борьба с наводнениями в Советском Союзе началась одновременно с интенсивным гидротехническим строительством. Каскады гидроузлов на Волге, Каме, Днепре, Западной Двине и других реках обеспечили создание крупных водохранилищ, в которых происходит аккумулярование большей части весенних паводков. Тем самым устранена опасность затопления районов, расположенных ниже гидроузла. Как уже отмечалось ранее, эти водохранилища удовлетворяют запросы многих участников водохозяйственного комплекса.

Примером водохранилищ, созданных в основном для борьбы с наводнениями, являются Мингечаурское на р. Куре в Азербайджане, Ириклинское на р. Урале, Чардаринское в среднем течении р. Сырдарьи и некоторые другие. Красноярский и Саяно-Шушенский гидроузлы предотвратят возможность наводнений в среднем течении р. Енисея. Особую роль будет играть Зейское водохранилище, рассчитанное на прием значительной части паводкового стока, что устранит опасность затопления больших сельскохозяйственных площадей, расположенных ниже по течению. В дальнейшем строительство подобных гидроузлов намечено на реках Бурея, Селемдже и других притоках Амура.

В число мероприятий по борьбе с наводнениями входит также строительство дамб, защищающих иногда большие террито-



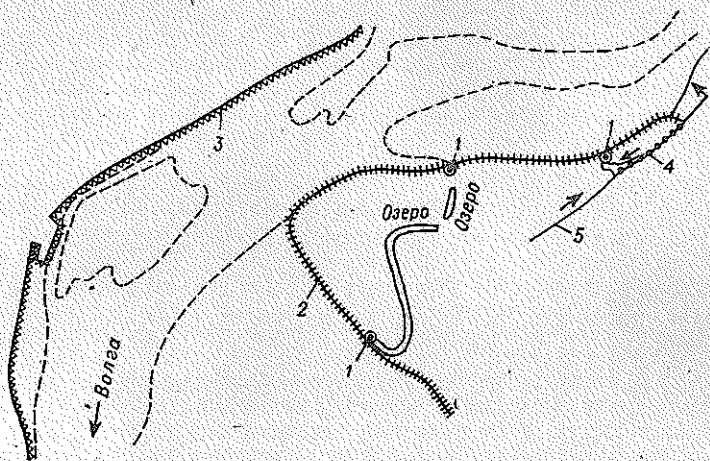


Рис. 16. Схема инженерной защиты городов Энгельса и Саратова  
 1 — насосные станции; 2 — дамба обвалования; 3 — набережная; 4 — вертикальный дренаж; 5 — открытый канал

рии, используемые в сельскохозяйственных и промышленных целях. Примером этого могут быть защитные сооружения в зонах водохранилищ Куйбышевской, Волгоградской (рис. 16), Каховской, Кременчугской, Киевской и других гидростанций, системы оградительных дамб в низовьях рек Волги, Кубани, Немана, большие польдерные системы в Калининградской области и др. Как правило, такие довольно сложные системы инженерных мероприятий обеспечивают защиту различных объектов, однако стоимость их строительства и последующей эксплуатации довольно высока. Возведение речных дамб сопровождается рядом отрицательных факторов, к числу которых относятся: возрастание опасности затопления участков, расположенных выше по течению, увеличение скоростей течения внутри обвалованного русла, что может вызвать размыв дамб, и т. д.

Известную роль в снижении пиков половодья играют различные лесомелиоративные и агротехнические мероприятия, планомерно осуществляемые в верховьях и средней части речного бассейна, например, посадка леса и кустарника, снегозадержание, пахота поперек крутых склонов. Они увеличивают просачивание поверхностных вод во время снеготаяния и выпадения дождей в нижерасположенные слои грунтов. При этом заметно снижается поверхностная составляющая стока и увеличивается его подземная часть, что очень важно для подпитывания рек в период межени. Значительно меньшие паводковые горизонты дают возможность существенно уменьшить высоту дамб, а в ряде случаев даже и отказаться от них.

Чаще всего борьба с наводнениями ведется путем сочетания указанных выше способов, причем выбору окончательного вари-

анта всегда предшествует технико-экономическое сравнение ряда вариантов.

Планомерному осуществлению новых водохозяйственных комплексов в ряде случаев будет сопутствовать решение задач по борьбе с наводнениями.

### **Борьба с водной эрозией, селевыми потоками, оползнями и разрушением берегов**

Водная эрозия почв (их смыв под действием поверхностного стока) наносит колоссальный ущерб сельскому хозяйству. Процессы эрозии усугубляются бесплановой вырубкой леса, неорганизованной пастьбой скота и неправильно выбранной или проведенной системой агротехнических мероприятий.

Одновременно с водной различают и ветровую эрозию, которая также сопровождается потерей полезных посевных площадей.

Эрозионные процессы весьма распространены в США, Мексике, Китае, Индии и других странах. Обычно они характерны для районов с наиболее плодородными почвами при отсутствии древесно-растительных насаждений и соответствующих агротехнических мероприятий. Так, в Советском Союзе эрозии подвержены земли в центрально-черноземных областях, во многих областях Украины и Молдавии, в районах, расположенных на правом берегу р. Волги, а также в гористых местах (рис. 17).

При смыве верхних слоев почвы происходит удаление большого количества азота, фосфора, калия и других ценных элементов, составляющих основу питания растений. Одновременно со смывом почвы поля теряют значительное количество влаги.

Водная эрозия причиняет большой вред не только сельскому хозяйству. Продукты смыва отлагаются на расположенных ниже землях, ускоряют процессы заиления водохранилищ, озер, рек и каналов.

В Советском Союзе разработка и осуществление комплекса противозерозионных мероприятий получили особенно большое развитие в последние годы. Сюда входят различные гидротехнические приемы, заключающиеся в отводе воды от участков, подверженных эрозии, создании прудов и мелких водохранилищ в виде так называемых лиманов для задержания и перераспределения стока, разделение стекающих потоков воды на более мелкие, не опасные для обрабатываемой поверхности сельскохозяйственных земель, и т. д.

Большое значение имеют агролесомелиорации, заключающиеся в создании лесных полос, задерживающих поверхностный сток и способствующих лучшему просачиванию воды в ниже расположенные горизонты. Не менее важны различные агротехнические меры: террасирование крутых склонов, культурное земледелие, снегозадержание, повышение норм удобрения для

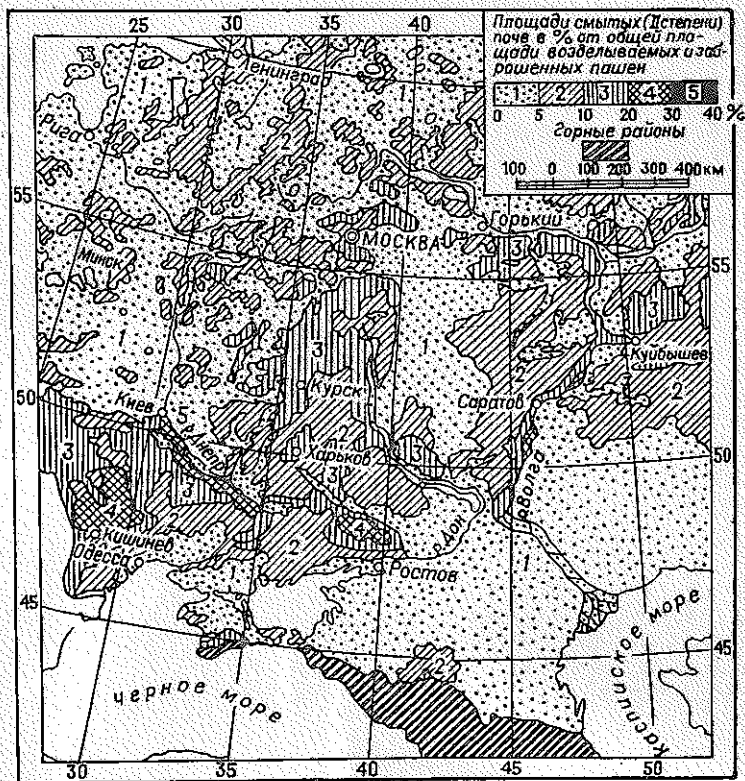


Рис. 17. Схематическая карта почв, подверженных эрозии

эрозионноопасных участков, подбор специальных сортов растений.

В стадии разработки находятся некоторые агрохимические приемы, в частности создание различных эмульсионных пленок, способных предотвратить сдувание почвенных частиц ветром, но вместе с тем не препятствующих развитию молодых всходов.

В дальнейшем, по-видимому, получит развитие новый комплекс сельскохозяйственных машин, применение которого будет способствовать наиболее эффективному переводу большей части поверхностного стока в подземную составляющую. В этот комплекс войдут орудия для глубокого рыхления почвогрунтов, специальные кротователи и др.

Имеющийся опыт борьбы с эрозионными процессами в СССР показал, что осуществляемый комплекс защитных мероприятий характеризуется довольно высокой эффективностью. Так, по ряду районов стоимость их в 3—4 раза меньше стоимости повторных посевов или же удаления наносов с поверхности полей.

Селевые потоки распространены в предгорных и горных районах страны. По своему составу они чаще всего бывают грязевыми и грязекаменными. Образование их связано с ливнями и затяжными дождями в горах, в результате происходит переувлажнение колоссальных объемов грунта, которые вместе с крупными камнями и водой сползают по горным склонам вниз, заполняя ущелья и передвигаясь со скоростью до 60—80 км/ч. Сели обладают большой силой, они разрушают населенные пункты, различные сооружения, в том числе гидротехнические и ирригационные каналы, уничтожают ценные посевы, довольно часто нарушают железнодорожное и автомобильное сообщение.

Самыми селеопасными районами страны являются республики Средней Азии, Южный Казахстан и Закавказье. Так, за последние сто лет только в горных районах Узбекистана, Таджикистана, Киргизии и Казахстана наблюдалось свыше 2500 селевых потоков. Наиболее разрушительным из них был сел, прошедший по руслу р. Малой Алмаатинки в 1921 г. и причинивший значительный ущерб г. Алма-Ате.

Весьма развиты селевые явления в закавказских республиках. В Армении насчитывается свыше 400, а в Грузии более 200 селеопасных рек. Еще в большей степени они характерны для Азербайджана. В противоселевой защите нуждаются такие города, как Фрунзе, Андижан, Наманган, Алма-Ата, Чимкент, Душанбе, Ашхабад, Ереван, Тбилиси, Кутаиси, Нахичевань и др.

К числу мероприятий по борьбе с селевыми потоками относятся некоторые приемы, рассмотренные ранее: прекращение вырубки леса и кустарников, посадка растительности, террасирование крутых склонов, прекращение неорганизованной пастбы скота и т. д.

Большое значение имеет целенаправленное проведение ряда гидротехнических работ. Особенно нужно отметить отвод селей, в основном жидкой составляющей, в другие русла или в нижерасположенные геологические пласты, обладающие большим объемом свободных пор и трещин. Потеряв воду, селевой поток уже не представляет опасности для расположенных ниже объектов. Применение рассматриваемого способа возможно лишь при наличии благоприятных топографических и геологических условий.

Известны также методы отвода селей в канализированных руслах или лотках, которые строят в обход наиболее важных сооружений, а иногда и над ними, предотвращая опасность их разрушения.

Весьма эффективны различные барражи и запруды, сооружаемые в русле возможного движения селей. Эти конструкции представляют собой подпорные стенки высотой до 2—3 м с отверстиями для пропуска воды. Постепенно по мере прохождения селей уклон дна водотока уменьшается (вследствие осадения камней и грунта) и тем самым сокращается их разрушительное

действие. За последние годы получили значительное развитие различные сквозные селеуловители из металлических и железобетонных элементов. Иногда применяются специальные котлованные селеуловители; наиболее крупные из них были созданы вблизи городов Сан-Франциско и Лос-Анджелес в США. В 1966 г. несколько южнее г. Алма-Аты на р. Алмаатинке двумя целенаправленными взрывами было образовано наиболее крупное селехранилище объемом 6,5 млн. м<sup>3</sup>. В июле 1973 г. вследствие интенсивного снеготаяния в горах Заилийского Алатау по руслу реки прошло несколько селевых потоков общим объемом 5,5 млн. м<sup>3</sup> (в том числе твердого остатка — около 4 млн. м<sup>3</sup>), которые были полностью аккумулированы селехранилищем. Дальнейшее наращивание высоты плотины до 145 м позволит увеличить объем селехранилища до 12 млн. м<sup>3</sup>, что обеспечит защиту города на протяжении свыше столетия (при вероятности повторения крупных селевых потоков примерно через каждые пятьсот лет), — рис. 18.

Известную опасность для различных объектов представляют снежные лавины. Они бывают в перечисленных ранее республиках и, кроме того, на Кольском полуострове, в районах Забайкалья и Дальнего Востока. Вследствие нарушения равновесия колоссальные скопления снега и льда объемом в несколько миллионов кубометров движутся вниз со скоростью до 100 км/ч, разрушая все на своем пути.

Борьба со снежными лавинами организована посредством специальной службы наблюдения и оповещения. Применяются и активные методы в виде обстрела угрожающего скопления снега из минометов, с тем чтобы вызвать его преждевременное обрушение.

Ущерб народному хозяйству причиняют оползневые явления, которые больше всего распространены на косогорных участках. Образование оползней связано с нарушением равновесия масс грунта, вследствие чего происходит сползание одних из них по отношению к другим. Причины оползания много; чаще всего это чрезмерное влагонасыщение верхних слоев, выходы грунтовых вод у подножья склонов, приложение дополнительных больших нагрузок от построенных сооружений, подмыв берегов, процессы, связанные с сезонным промерзанием и оттаиванием, и т. д.

Наиболее радикальный путь борьбы с оползнями достигается в результате обезвоживания оползнеопасных склонов, что может быть выполнено посредством своевременного перехвата поверхностного и грунтового стоков.

Немаловажное значение имеют процессы разрушения морских берегов и переформирования берегов крупных водохранилищ. Это происходит вследствие колебания уровней воды, воздействия волн и льда, процессов промерзания и оттаивания, а также из-за неправильной хозяйственной деятельности и недостаточно обоснованных инженерных решений.

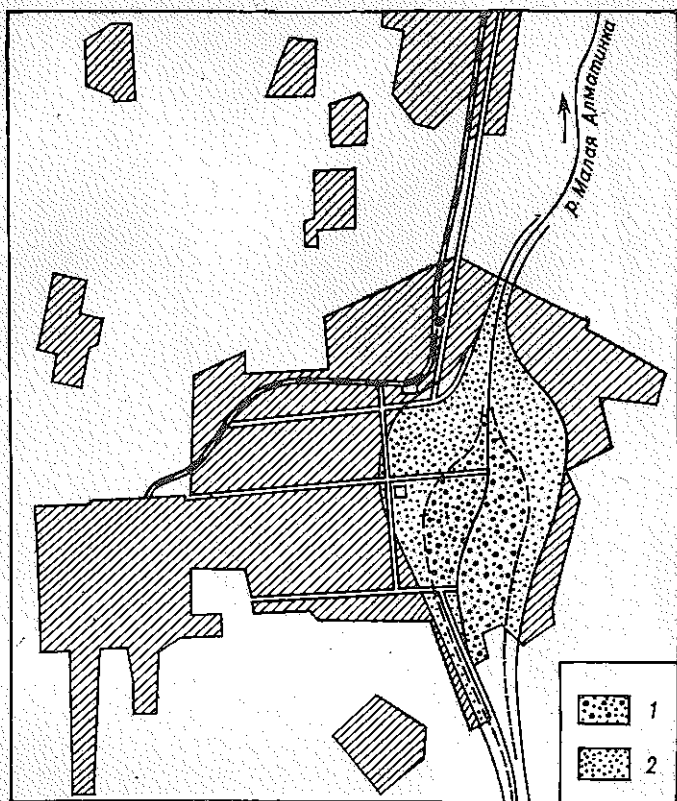


Рис. 18. Зоны возможных (при отсутствии противоселевой плотины) разрушений в Алма-Ате от села 15 июля 1973 г.  
 1 — зона сильных разрушений; 2 — зона средних разрушений

Довольно интенсивная переработка берегов наблюдается на Черном, Каспийском, Азовском, Балтийском и Охотском морях. Наибольшее разрушение заметно на участке Адлер—Туапсе, где уничтожен ряд пляжей. Аналогичные процессы имеют место в районах Феодосии, Ялты, Евпатории и на одесском побережье. Из-за переработки берегов приходится переносить в глубь территории железные и шоссейные дороги, населенные пункты, иногда при этом появляются оползни, вызывающие разрушение важных сооружений.

Процессы разрушения и переформирования побережий пока еще изучены недостаточно, вследствие чего перечень известных защитных мероприятий нельзя считать исчерпанным. К числу наиболее совершенных приемов следует отнести возведение различных оградительных и защитных сооружений, крепления берегов разнообразными конструкциями. В дальнейшем необходимо



усилить изучение взаимодействия волн с естественными берегами и разными сооружениями, а также динамику донных течений и отложения наносов в прибрежных зонах, особенно в устьевых участках рек, впадающих в море. Помимо этого, следует запретить разработку карьеров гальки и гравия в береговой полосе и не допускать каких-либо действий по нарушению устойчивости берегов.

Рассмотренные формы и масштабы вредного воздействия воды на природу и объекты человеческой деятельности свидетельствуют о необходимости планомерного осуществления большого комплекса мероприятий, направленных на предупреждение этих явлений и борьбу с ними. Большое значение в связи с этим имеют правительственные постановления, принятые в последние годы. Осуществление их позволит сохранить плодородие почв, уменьшить расходы на удаление наносов, увеличить запасы подземных вод и подпитывание рек в меженный период, улучшить удовлетворение потребностей многих участников водохозяйственного комплекса в летнее время года, защитить ценные территории от губительного воздействия селевых потоков.

#### § 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНОЙ ЭНЕРГИИ

К 1917 г. развитие отечественной гидроэнергетики находилось на начальном уровне. Мощность нескольких мелких гидростанций в стране была около 16 тыс. кВт, в то время как в США общая мощность ГЭС превышала 3 млн. кВт, а во всем мире — 12 млн. кВт.

План ГОЭЛРО был первым единым и крупным научно обоснованным планом, в котором энергетика явилась основой развития других отраслей народного хозяйства. Вместе с важнейшими положениями для проектирования и строительства тепловых электростанций в этом плане была заложена база широкого использования гидроэнергетических ресурсов с учетом их комплексного значения.

Советский Союз располагает примерно 12% мировых запасов гидроэнергии. По последним расчетам, валовый энергетический потенциал всех рек страны составляет 3338 млрд. кВт·ч в год, что может соответствовать непрерывно работающим в течение года электростанциям общей мощностью 380 млн. кВт.

Гидроэнергетические ресурсы распределены по территории СССР крайне неравномерно. Так, на долю рек азиатской части страны приходится около 82%. Особенно значительными запасами гидроэнергии располагают Дальневосточный, Восточно-Сибирский и Западно-Сибирский экономические районы, Таджикистан, Казахстан и Киргизия.

Из валового энергетического потенциала может быть использовано примерно 64%, т. е. 2106 млрд. кВт·ч в год. Эту величину принято называть техническим потенциалом, или



технически осуществимой величиной использования валового энергетического потенциала, которая в зависимости от уровня развития науки и техники может постепенно несколько возрастать. Кроме того, важное значение имеет определение экономического потенциала гидроэнергоресурсов, т. е. той части, использование которой в современных условиях является экономически целесообразной.

О запасах гидроэнергии в наиболее крупных речных бассейнах СССР можно судить по следующим данным (валовой энергетический потенциал в млрд. кВт·ч):

Енисей . . . . .	158,3	Колыма . . . . .	39,8	Зеравшан . . . . .	17,6
Лена . . . . .	144,0	Индиگیرка . . . . .	39,6	Обихингоу . . . . .	17,6
Пяндж* . . . . .	97,6	Нарын . . . . .	36,5	Сырдарья . . . . .	17,6
Ангара . . . . .	93,9	Амударья* . . . . .	36,0	Зея . . . . .	17,4
Амур* . . . . .	82,9	Катунь . . . . .	31,0	Кура . . . . .	16,6
Волга . . . . .	54,3	Олекма . . . . .	25,5	Томь . . . . .	15,2
Обь . . . . .	51,4	Иртыш . . . . .	25,2	Сурхаб . . . . .	14,7
Витим . . . . .	50,7	Виллой . . . . .	22,5	Бурей . . . . .	14,6
Алдан . . . . .	48,9	Когуй . . . . .	20,9	Днепр . . . . .	14,6
Вахш . . . . .	44,9	Учур . . . . .	18,2	Омолон . . . . .	13,1
Нижняя Тунгуска . . . . .	41,0	Подкаменная Тунгуска . . . . .	18,0		

За последние пятьдесят лет, и в особенности в послевоенный период, выполнена большая программа гидроэнергетического строительства. В настоящее время только ГЭС мощностью каждая свыше 100 МВт насчитывается около пятидесяти. Среди них крупнейшая в мире Красноярская на р. Енисее (6000 МВт), Братская на р. Ангаре (4500 МВт), Волжская им. XXII съезда КПСС (2563 МВт), Волжская им. В. И. Ленина (2100 МВт), Саратовская на р. Волге (1290 МВт), Воткинская на р. Каме (1000 МВт), Плявиньская им. В. И. Ленина на р. Западной Двине (825 МВт), Иркутская на р. Ангаре (660 МВт), Днепровская им. В. И. Ленина (650 МВт), Кременчугская им. 50-летия Великой Октябрьской социалистической революции (625 МВт), Бухтарминская на р. Иртыше (525 МВт), Камская (504 МВт), Новосибирская на р. Оби (400 МВт), Горьковская на р. Волге (400 МВт) и т. д.

По единичной мощности гидростанций и установленных на них агрегатов СССР занимает первое место в мире, а по общей мощности ГЭС — второе. Однако доля использования гидроэнергетических ресурсов значительно ниже по сравнению с другими странами мира (табл. 13).

Из данных таблицы следует, что в стране имеются значительные резервы для дальнейшего ведения гидроэнергетического строительства. При этом нужно заметить, что в пределах европейской части СССР и Кавказа уже использовано около 32% экономического потенциала гидроэнергоресурсов, что несколько

\* Пограничные реки.

## Мировое использование гидроэнергоресурсов \*

Страна	Экономический потенциал гидроэнергоресурсов, млрд. кВт·ч			Страна	Экономический потенциал гидроэнергоресурсов, млрд. кВт·ч		
	Фактическая выработка электроэнергии на ГЭС, кВт·ч	Степень использования потенциала гидроэнергоресурсов, %			Фактическая выработка электроэнергии на ГЭС, кВт·ч	Степень использования экономического потенциала гидроэнергоресурсов, %	
СССР	1095	115,2	10,4	Италия	70	44,0	63,0
США	685	196,9	28,5	Швейцария	32	28,1	88,0
Канада	218	130,1	60,0	Испания	58	24,6	42,5
Япония	132	78,9	60,0	Бразилия	657	24,2	3,7
Норвегия	152	53,4	35,0	Мексика	73	18,3	24,8
Франция	70	46,5	66,7	Австралия	38	18,1	47,5
Швеция	80	46,1	57,5				

\* Приведенные цифры относятся к 1966—1967 гг., а по Советскому Союзу — к 1969 г.

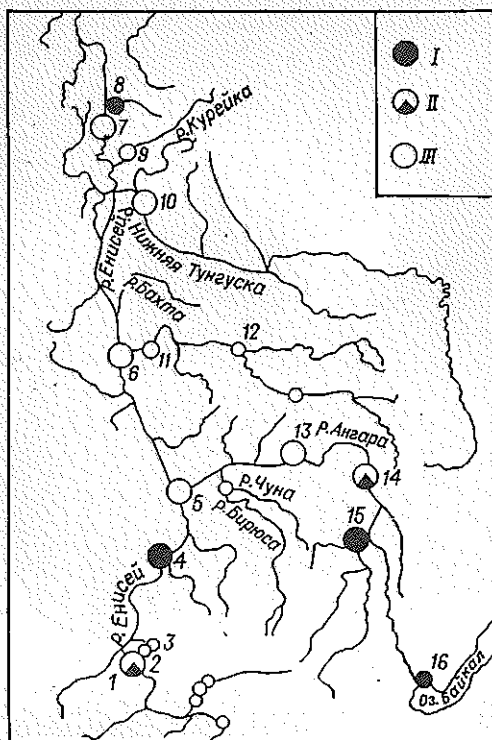
больше уровня США. Учитывая плотность населения этих районов и интенсивное развитие народного хозяйства, достигнутый здесь уровень гидроэнергетики следует признать высоким.

В настоящее время и в последующие годы гидроэнергетическое строительство будет развиваться достаточно быстрыми темпами. Успешно сооружается Саяно-Шушенская ГЭС на р. Енисее мощностью 6400 МВт, энергия которой послужит основой для комплексного развития народного хозяйства большого экономического района, чрезвычайно богатого различными полезными ископаемыми. В дальнейшем возможно строительство ряда других гидроэлектростанций на р. Енисее, в том числе Енисейской, Осиновской, Игарской (рис. 19).

Большое значение будет иметь близкая к завершению Усть-Илимская ГЭС на р. Ангаре мощностью 4320 МВт. Следующей ступенью энергетического использования Ангары явится сооружение Богучанской ГЭС. В перспективе возможно возведение ряда крупных гидроэлектростанций на реках Подкаменная и Нижняя Тунгуска, а также некоторых более мелких ГЭС на верхних притоках Енисея.

Весьма важно продолжение строительства Вилюйской, Колымской и других гидроэлектростанций, расположенных в районах Севера. Это создаст благоприятные условия для успешной добычи ценных полезных ископаемых, к числу которых относятся алмазы, золото, полиметаллические руды и др.

Окончание строительства Зейской ГЭС мощностью 1505 МВт резко уменьшит ущерб от наводнений и даст дешевую электроэнергию для бедных в энергетическом отношении районов Даль-



него Востока и для строительства Байкало-Амурской магистрали. Весьма перспективными являются в связи с этим проектируемые гидроэлектростанции на реках Бурея и Большая Уссурка, а также ряд гидроэлектростанций в районе строительства Байкало-Амурской магистрали. Дол-

Рис. 19. Схема гидроэнергетического использования Енисея и Ангары

I — существующие ГЭС; II — строящиеся ГЭС; III — проектируемые ГЭС; 1 — Саяно-Шушенская; 2 — Майнская; 3 — Очурская; 4 — Красноярская; 5 — Енисейская; 6 — Оснянская; 7 — Игарская; 8 — Хантайская; 9 — Курейская; 10 — Нижнетунгусская; 11 — Подкаменная; 12 — Байкитская; 13 — Богучанская; 14 — Усть-Илимская; 15 — Братская; 16 — Иркутская

жно быть завершено создание Волжско-Камского энергетического каскада. Это произойдет после окончания строительства на р. Волге Чебоксарской ГЭС мощностью 1404 МВт и на р. Каме — Нижнекамской ГЭС мощностью 1089 МВт. В связи с предполагаемой переброской части стока северных рек в волжский бассейн проектируется ряд новых гидростанций.

С окончанием строительства Каневской ГЭС мощностью 420 МВт будет закончено создание гидроэнергетического каскада в нижнем и среднем течении р. Днепра. Возможно, что в перспективе начнется строительство сравнительно небольших гидрозвулов в верхнем течении Днепра и на его притоках.

В связи с намечаемым водным путем Черное море — Днепр — Припять — соединительный канал — Неман — Балтийское море проектируются гидростанции на р. Немане, в том числе Советская, Бириштонская, Друскининкайская и др. На р. Западная Двина закончено строительство Рижской ГЭС мощностью 384 МВт, после чего предполагается расширение Кегумской и строительство Даугавской ГЭС. В среднем и верхнем течениях этой реки предусмотрено возведение нескольких гидростанций.

Продолжится энергетическое использование рек Кавказа. Здесь прежде всего нужно отметить Ингурскую ГЭС в Гру-

зии мощностью 1300 МВт и Чиркейскую ГЭС на р. Сулак в Дагестане мощностью 1000 МВт, Шамбскую и Татевскую гидроэлектростанции на р. Воротан в Армении мощностью каждая около 160 МВт, Нахичеванскую ГЭС на р. Аракс и др.

В результате проведенных исследований выявлена возможность строительства многих новых гидроэлектростанций. В числе их первоочередная Ирганайская на р. Аварское Койсу, Миатлинская на р. Сулак, Тобарская на р. Ингури, Дарьяльская на р. Терек и большое число других.

По-прежнему интенсивно будет вестись гидротехническое строительство в республиках Средней Азии. Наиболее крупными объектами здесь являются Нурекская ГЭС на р. Вахш мощностью 2700 МВт, Токтогульская ГЭС на р. Нарын — 1200 МВт, Чарвакская ГЭС на р. Чирчик — 600 МВт, Капчагайская ГЭС на р. Или — 434 МВт и т. д. В перспективе возможно возведение многих новых гидроузлов на Вахше, Пяндже, Амударье, Нарыне, Или и других реках. Большинство проектируемых гидроузлов будет иметь энергетическое и ирригационное значение.

Существенное развитие получит строительство гидроаккумулирующих или насосно-аккумулирующих электростанций (ГАЭС), которые приобретают все большее значение в связи с необходимостью покрытия пика электрических нагрузок. Эти установки оборудованы обратимыми агрегатами, являющимися одновременно турбинами и насосами и могущими работать в переменном режиме. Первой гидроаккумулирующей электростанцией в СССР является Киевская мощностью 225 МВт, расположенная несколько выше Киевского гидроузла. Проектируется ряд новых более крупных ГАЭС, в связи с чем предстоит изучить много сложных вопросов, особенно по разработке наиболее рациональных конструкций аккумулялирующих бассейнов водоподводящих сооружений и созданию высокопроизводительных обратимых гидроагрегатов.

В европейской части СССР, где испытывается значительная потребность в маневренной электрической мощности, рассмотрена возможность строительства большого числа ГАЭС, общая мощность которых достигнет 10 тыс. МВт (рис. 20). К числу наиболее перспективных относятся Загорская, Ломачинская, Каунасская и другие проектируемые ГАЭС. Заслуживают внимания новые компоновочные решения ГАЭС с подземными бассейнами. Мощность каждой из таких электростанций составляет 1200 МВт при напоре 1000 м.

В связи с интенсивным развитием атомной энергетики и необходимостью покрытия потребностей в пиковой электроэнергии предполагается довести общую мощность гидроаккумулирующих установок в СССР до 30 тыс. МВт.

Рассматривая перспективы гидроэнергетического строительства, особенно в пределах азиатской части СССР, можно отметить, что оно обладает существенными преимуществами. Так,

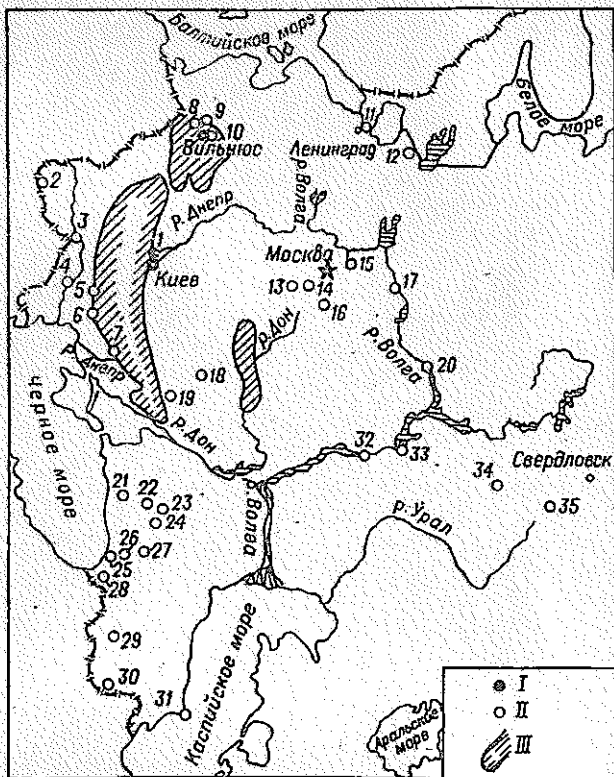


Рис. 20. Схема размещения ГАЭС в европейской части СССР

I — действующие ГАЭС; II — проектируемые ГАЭС; III — районы возможного размещения ГАЭС с подземными бассейнами; 1 — Киевская; 2 — Теребля-Рикская; 3 — Ломачинская; 4 — Куратурская; 5 — Ладыжинская; 6 — Константиновская; 7 — Михайловская; 8 — Дарсунишская; 9 — Каунасская; 10 — Вильнюсская; 11 — Лемболовская; 12 — Свирская; 13 — Алексниская; 14 — Серпуховская; 15 — Загорская; 16 — Коломенская; 17 — Плесская; 18 — Краснооскольская; 19 — Клебан-Быкская; 20 — Чебоксарская; 21 — Лесогорская; 22 — Армавирская; 23 — Сенгилевская; 24 — Невинномысская; 25 — Ингури; 26 — Тобари; 27 — Верхнебаксанская; 28 — Бахвис-Натаеби; 29 — Севанская; 30 — Татевская; 31 — Бакинская; 32 — Балаковская; 33 — Перволюкская ГАЭС-ГАЭС; 34 — Кармановская; 35 — Зюраткульская

число часов использования мощности на европейских гидроэлектростанциях обычно не превышает 2000 ч, в то время как для гидроэлектростанций, расположенных в азиатской части СССР, оно достигает 5000—5500 ч в год. Это объясняется значительно большими объемами речного стока и большой степенью его зарегулированности.

Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на сибирских ГЭС, в 2—3 раза дешевле по сравнению с Волжско-Кам-

ским и Днепровским каскадами и не превышает 0,04—0,08 коп. за 1 кВт·ч. Средняя себестоимость энергии, получаемой от тепловых электростанций в европейской и азиатской частях СССР, доходит соответственно до 0,85 и 0,45 коп. за 1 кВт·ч.

При возведении гидроэлектростанций в восточных и юго-восточных районах страны в 3—5 раз сокращаются площади затоплений, отнесенные к 1 кВт установленной мощности, по сравнению с аналогичными показателями для гидроузлов, расположенных в европейской части. Это весьма важно при компенсации затопляемых земель.

Крупные гидроэлектростанции в азиатской части страны будут являться основой объединенных энергосистем. Совместная работа ГЭС обеспечит значительное повышение их среднесуточной мощности. Кроме того, крупные энергетические установки являются основополагающим источником успешного развития новых экономических районов, территориально-производственных комплексов, базирующихся на колоссальных запасах местных полезных ископаемых и природных ресурсах.

Наконец, нужно остановиться на роли гидроэлектростанций в перспективном энергетическом балансе страны. Многие считали, что их удельный вес должен постепенно уменьшаться за счет возрастающего значения тепловых и атомных электростанций. Что касается первых из них, то их рост связан с увеличивающимся расходом различных видов топлива, запасы которого ограничены и которое одновременно является ценным сырьем, в первую очередь для быстро развивающейся химической промышленности. Поэтому вопросы развития тепловой энергетики пока еще недостаточно ясны. Более определены перспективы роста атомных электростанций. Дальнейшее снижение себестоимости вырабатываемой ими электроэнергии будет означать увеличение их удельного веса в энергетическом балансе страны. В связи с этим резко возрастает необходимость значительного увеличения числа установок, удовлетворяющих потребности в пиковой энергии. В настоящее время и в ближайшем будущем основным источником пиковой энергии являются ГЭС и ГАЭС. В этом отношении заслуживает внимания опыт США, где одновременно со строительством крупных атомных электростанций в условиях ограниченных водных ресурсов ведется интенсивное возведение гидроаккумулирующих установок.

Таким образом, гидроэнергетика не только позволяет получить дешевую электроэнергию для народного хозяйства и повысить надежность работы энергосистем, но она, как правило, выполняет пионерную роль в комплексном освоении водных ресурсов и их охране, в создании новых экономических районов страны.



## § 5. ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЛЕСОСПЛАВ

За годы Советской власти в водном транспорте произошли большие изменения. Существенно улучшились условия на внутренних водных путях, протяженность которых возросла более чем в 2 раза. Построен ряд крупных судоходных каналов. К их числу относится Беломорско-Балтийский канал, соединивший бассейн р. Волги с Балтийским и Белым морями. Длина этого водного пути составила 227 км, он сократил путь между Балтийским и Белым морями на 4000 км. В 1937 г. было завершено строительство канала им. Москвы протяженностью 128 км, и тем самым осуществилось сквозное судоходство между Москвой и тремя морями — Балтийским, Белым и Каспийским. Одновременно с этим была решена проблема водоснабжения столицы и частично вопросы гидроэнергетики. В 1952 г. построен Волго-Донской судоходный канал длиной 101 км, связавший Волгу с Азовским и Черным морями. Кроме того, с целью обеспечения шлюзования в пределах канала, а также поддержания необходимых судоходных глубин на р. Дон и развития орошения был построен Цимлянский гидроузел с гидроэлектростанцией. Таким образом, совокупность гидротехнических сооружений Волго-Донского судоходного пути обеспечила удовлетворение потребностей большинства участников водохозяйственного комплекса, среди которых были водный транспорт, орошение, гидроэнергетика, водоснабжение, рыбное хозяйство и водный туризм.

Возведение комплексных гидроузлов на Волге, Каме, Днепре, Дону, Свири и других реках гарантировало необходимые судоходные глубины на значительном протяжении. Вместо глубин, изменявшихся в навигационный период в пределах 1,0—2,5 м, теперь установлены глубины не менее 3,2 м. Тем самым были созданы начальные условия для объединения речных бассейнов в единые глубоководные системы, допускающие плавание крупных судов. Кроме того, стала реальной организация смешанных перевозок из рек в моря и обратно на новых типах судов.

Значительно меньшее развитие внутренние водные пути получили в азиатской части СССР, где гидротехническое строительство не оказало пока на них большого влияния.

В речном транспорте страны произошли существенные качественные изменения. Появились новые крупные и более совершенные пассажирские и грузовые суда, характеризующиеся повышенными скоростями движения и приспособленные к плаванию в крупных водохранилищах. Вместо судов с паровыми двигателями повсеместно используются суда с дизельными установками, суда на подводных крыльях, произошла также замена деревянных барж на металлические. Значительно лучше оборудованы речные порты и промежуточные причалы. Резко возросли объемы перевозок.



Однако в целом развитие внутреннего водного транспорта заметно отстает от других видов транспорта. Это во многом зависит от незавершенности крупных гидротехнических комплексов и условий эксплуатации водных путей.

Одной из важнейших задач является окончание работ по объединению основных речных бассейнов европейской части СССР в единую глубоководную систему с одинаковыми гарантированными глубинами и однотипными размерами судопропускных сооружений, что позволит эксплуатировать крупнотоннажные суда. Это в значительной мере повысит экономичность водных перевозок.

Предполагается использовать суда с осадкой до 3,5 м и грузоподъемностью 5000 т, а также толкаемые составы грузоподъемностью до 10 000 т и другие плавсредства.

В первую очередь должны быть завершены каскады гидроузлов на реках Волге, Каме и Днестре и создана система шлюзов в пределах нижнего течения Дона. Реконструкция Кочетовского, строительство Николаевского, Константиновского и Богаевского гидроузлов позволит обеспечить глубоководный путь для судов, следующих из р. Волги через Волго-Донской канал в Азовское и Черное моря.

Намечается использование Северо-Крымского ирригационного канала в транспортных целях, строительство глубоководного подходного канала Днепр—Кривой Рог, а в дальнейшем реконструкция р. Припять и Днепро-Бугского канала для соединения с воднотранспортными путями ряда европейских стран. Последние мероприятия должны осуществляться в увязке с осушением Полесской низменности.

Проектируемые мероприятия по переброске части стоков рек Печоры и Вычегды в верховья Камы обеспечат сквозное судоходство из Каспийского моря в бассейн Северного Ледовитого океана и откроют новые возможности для перевозки массовых грузов на большие расстояния.

Предполагается строительство Верхнесухонского и Великоустюгского гидроузлов, а также нового канала, который заменит старую Северодвинскую водную систему. Этот канал предназначается для переброски части стока Кубенского озера в Волгу, и тем самым р. Сухона будет являться глубоководным путем, соединенным с Волго-Балтийской воднотранспортной системой.

По мере дальнейшего строительства на реках Иртыше и Оби будут улучшаться условия для нормального судоходства. Это же относится и к Ангаро-Енисейской воднотранспортной системе; со временем на существующих и строящихся гидроузлах будут построены судопропускные сооружения.

Большое значение для развития экономики Дальнего Востока будет иметь воднотранспортное соединение по схеме Амур—оз. Кизи—бухта Табо, что сократит путь судам, следующим

в северном направлении, примерно на 200 км и для следующих в южном направлении — на 400 км.

Заслуживает также внимания проблема улучшения судоходства в пределах Ленского бассейна. Это станет возможным лишь по мере осуществления здесь плана строительства гидроузлов. Несмотря на многоводность р. Лены, сток ее в течение года неравномерен, и поэтому глубины на ряде участков бывают недостаточными для нормального плавания судов. В первую очередь необходимо реконструировать верхний участок р. Лены, ниже порта Осетрово, эксплуатация которого связана с частыми авариями, ограничением тоннажа судов и большими эксплуатационными издержками.

В связи с дальнейшим развитием внутреннего водного транспорта, что будет сопровождаться не только улучшением существующих, но и строительством новых путей, а также широким внедрением более крупных и экономичных судов, особое значение приобретают вопросы взаимодействия плавсредств с водной средой. В их числе охрана вод от загрязнения отработанными нефтепродуктами, борьба с волнообразованием в судоходных каналах, увеличение продолжительности навигации в водохранилищах, режимы попусков воды в нижний бьеф, всемерная экономия воды на шлюзование и т. д.

Лесосплав имеет существенное значение в развитии лесоперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Общие запасы деловой древесины в СССР оцениваются примерно в 75 млрд. м<sup>3</sup>, в основном они расположены на территории РСФСР и почти целиком тяготеют к водным путям.

В настоящее время около 90% заготавливаемой древесины транспортируется к перерабатывающим предприятиям по воде. При этом дальность перевозки по водным путям достигает в пределах р. Енисея 2000 км и Волжско-Камского бассейна—4500 км, а общая протяженность сплавных путей страны превышает 140 тыс. км.

На протяжении многих лет лесосплав осуществляется молеми и в кошелях, плотами и на судах. Постепенно доля леса, транспортируемого молеми и в кошелях, уменьшается. Однако пока этим способом перевозится еще около одной трети всей заготавливаемой древесины. Транспорт молеми приводит к большим потерям бревен. Затонувший лес загрязняет водотоки и водоемы, наносит большой ущерб нерестилищам и местам обитания рыб. Особенно значительны потери древесины в тех случаях, когда заготовленные бревна не успевают доставить к берегам реки до наступления половодья, и они остаются лежать в течение года до прохода следующего весеннего паводка.

Лесосплав является наиболее дешевым способом транспортировки древесины. Однако к вопросам улучшения состояния сплавных путей должно быть проявлено значительно большее внимание. По-видимому, в дальнейшем нельзя предполагать зна-

чительного увеличения общей протяженности сплавных путей и дальности транспортировки в пределах каждой реки. Это связано с тем, что за последние годы созданы крупные лесоперерабатывающие комплексы в районах большой концентрации леса и в первую очередь в пределах Сибири. В числе их Братский, Усть-Илимский и ряд других.

В последующие годы увеличится доля леса, транспортируемого плотами или на судах. В связи с этим большое внимание следует уделять благоустройству сплавных путей и подъему затонувших бревен, а также совершенствованию средств механизации при заготовке, трелевке и транспорте леса, с тем чтобы всемерно сократить его потери в пути. Это особенно важно для восточных районов страны, где находится около одной трети всех лиственничных насаждений, древесина которых обладает большой плотностью. Нужно форсировать лесосводки в чашах будущих водохранилищ и не допускать заполнения их до окончания работ по заготовке и транспортировке всей древесины.

Большое значение для улучшения лесосплава, также как и для водного транспорта, будет иметь строительство новых и совершенствование существующих гидроузлов с включением в их состав судопропускных сооружений.

## § 6. РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Внутренние воды Советского Союза располагают исключительно богатой промысловой ихтиофауной. В них обитает много ценных пород рыб, среди которых особое значение имеют осетровые, сиговые, лососевые, карповые и другие.

Рыбное хозяйство во внутренних водоемах и водотоках является наиболее требовательным участником водохозяйственного комплекса. Для нормального развития и успешного воспроизводства различных пород рыб нужно, чтобы в воде содержалось достаточное количество растворенного кислорода и не было вредных примесей. Кроме того, следует поддерживать соответствующие глубины и температуру воды, что особенно важно в период нереста рыб и развития молоди, а также обеспечивать рыбу необходимым количеством пищи.

Вредное влияние на развитие рыбного хозяйства оказывают следующие факторы:

1. Загрязнение водоемов и водотоков плохоочищенными и неочищенными сточными коммунальными и промышленными водами, а также удобрениями и ядохимикатами, молевой слав и сопутствующий ему утон значительного количества древесины.

2. Маловодье. Маловодный период в бассейне рек Волги и Камы (1930—1940 гг.) вызвал снижение уровня в Каспийском море примерно на 2 м. Из-за этого площадь северной части моря сократилась более чем на 28 тыс. км<sup>2</sup>, что привело к резкому уменьшению пагульных площадей, в первую очередь, осетровых

пород. 1960—1965 гг. были маловодными для Аральского моря, площадь водной поверхности которого сократилась на 6 тыс. км<sup>2</sup>, а уловы рыбы снизились в 2 раза.

3. Нарушение установленных правил лова рыб. Такие нарушения были допущены в период Великой Отечественной войны, когда из-за больших продовольственных затруднений были превышены нормы вылова рыб. Сокращению ловли рыб способствует также недостаточный контроль за деятельностью рыболовецких организаций и отдельных лиц.

4. Влияние гидротехнического строительства. Построенные на Волге, Каме, Днепре и других реках большие плотины преградили путь рыбам во время прохода их к местам нереста. Раньше, в условиях незарегулированной Волги, осетры преодолевали расстояние от Астрахани до Калинина. На многие сотни километров поднимались вверх по течению и другие рыбы. Поэтому для прохода рыб во время их нереста в составе гидроузлов предусматривают специальные рыбопропускные сооружения в виде рыбоходов, рыбоходных шлюзов и рыбоподъемников. Хорошо зарекомендовали себя лестничный рыбоход при Туломской ГЭС, рыбоход при Кегумской ГЭС на р. Западная Двина, рыбоходный шлюз Волгоградского гидроузла и ряд других сооружений. Однако, как показала практика их эксплуатации, они обеспечивают пропуск лишь 10—15% наиболее ценных рыб в отличие от естественных условий. Поэтому в ряде случаев приходится перевозить рыбу вверх с использованием специальных рыбоаккумуляторов или иных средств.

Создание крупных водохранилищ сопровождается значительными изменениями гидрологического, гидробиологического, гидрохимического и температурного режимов реки. Выше плотины происходит затопление нерестилищ, понижаются скорости и температура воды, начинаются процессы цветения водохранилища, что связано с появлением ядовитых сине-зеленых водорослей. При сработке уровня водохранилища в зимний период наблюдается оседание льда, чем наносится ущерб мелководным участкам, где может обитать рыба. При проходе весенних паводков и накоплении воды в водохранилищах ниже гидроузлов происходит обсыхание нерестилищ и мелководий, во избежание чего производят специальные пуски воды.

Однако, несмотря на некоторое отрицательное действие водохранилищ на рыбное хозяйство, правильное использование их дает большой экономический эффект. Так, в настоящее время из водохранилищ крупнейших ГЭС вылавливается ежегодно 500—600 тыс. ц рыбы, что в несколько раз больше, чем было в естественных условиях.

Нужно располагать достаточным числом рыбозаводов, нерестово-выростных и нагульных хозяйств, создание которых будет проводиться во все возрастающих масштабах (рис. 21).

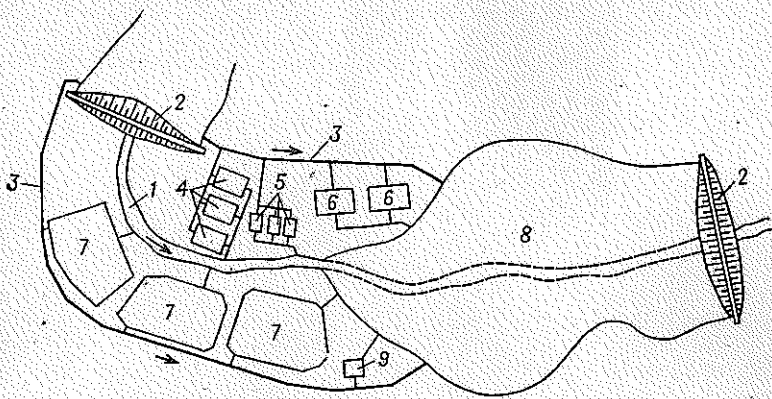


Рис. 21. Схема рыбоводного хозяйства

1 — река; 2 — земляные плотины; 3 — магистральные каналы; 4 — нерестовые пруды; 5 — зимовальные пруды; 6 — летние нерестовые пруды; 7 — выростные пруды; 8 — нагульный пруд; 9 — карантинный пруд

В связи со строительством различных водозаборных сооружений в виде насосных станций или шлюзов-регуляторов, предназначенных для водоснабжения промышленных объектов или для подачи воды в оросительные системы, происходят потери молоди промысловых рыб, особенно при отсутствии специальных рыбозащитных и рыбозаградительных устройств. Поэтому их проектированию и установке должно быть уделено значительное внимание.

Для успешного решения проблем рыбного хозяйства необходимо осуществление следующих мероприятий:

1) выделение рыбного хозяйства в число важнейших участников водохозяйственного комплекса;

2) прекращение загрязнения водотоков и водоемов;

3) поддержание уровня и солености Каспийского и Азовского морей в существующих пределах; подпитывание их за счет переброски воды из других бассейнов с целью поддержания в них оптимального гидробиологического режима;

4) реконструкция старых и строительство новых рыбопускных сооружений на реках, имеющих важное рыбопромысловое значение;

5) создание благоприятных условий для размножения ценных рыб в низовьях крупных рек за счет периодических пусков воды из вышерасположенных водохранилищ для обводнения нерестилищ, строительства вододелиителей, очистки путей движения рыбы и т. д.;

6) повышение рыбохозяйственной эффективности существующих и проектируемых водохранилищ;

7) дальнейшее развитие прудовых рыбоводных хозяйств (в том числе и с использованием отработанных вод тепловых и

атомных электростанций). Это мероприятие особенно рентабельно и перспективно, как показал опыт рыбоводов Украины, Латвии, Литвы, Белоруссии, а также ряда зарубежных стран (Чехословакия, ГДР, ФРГ, США).

## § 7. ДИНАМИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

Из рассмотрения особенностей и перспектив развития различных водопользователей видно, что объемы воды, необходимой для удовлетворения их нужд, растут весьма быстро. Более наглядно это представлено в табл. 14, данные которой показывают, что общее потребление воды за двадцатилетний период возросло примерно в 3 раза, при этом наибольшее увеличение объемов расходуемой воды характерно для промышленности (примерно в 5 раз). Это объясняется интенсивным развитием наиболее водоемких отраслей промышленности: целлюлозно-бумажной, металлургической, химической, нефтеперерабатывающей и теплоэнергетики. Существенно увеличились объемы воды, используемой для орошения и теряемой в результате испарения с поверхности водохранилищ.

Таблица 14

Использование воды в народном хозяйстве

Виды расходования воды	Потребление воды, км <sup>3</sup> /год							
	1950 г.		1960 г.		1970 г.		Обозримая перспектива	
	полное	безвозвратное	полное	безвозвратное	полное	безвозвратное	полное	безвозвратное
Водоснабжение городов и поселков . . . . .	3,5	1,0	6,0	2,0	10,0	3,0	40,0	8,0
Водоснабжение промышленности (включая теплоэнергетику)	15,0	1,5	28,0	2,5	70,0	5,2	135,0	15,0
Орошение . . . . .	60,0	40,0	98,0	76,0	136,0	116,0	240,0	200,0
Обводнение . . . . .	3,0	3,0	4,5	4,5	6,7	5,8	15,0	10,0
Рыбное хозяйство . . . . .	2,0	0,5	7,0	1,6	8,0	2,0	35,0	7,0
Испарение с поверхности водохранилищ	3,0	3,0	16,0	16,0	22,0	22,0	35,0	35,0
Всего (с округлением)	86,0	49,0	160,0	103,0	253,0	154,0	500,0	275,0

Считая, что в целом ежегодный прирост расходуемой воды достигает 10 км<sup>3</sup> в год, можно полагать, что цифры, характеризующие масштабы водопользования в обозримой перспективе, относятся к 2000 г. Анализ этих цифр показывает, что общие объемы воды, и в особенности утрачиваемые безвозвратно, весьма вели-



ки. По некоторым данным, и в частности С. Л. Вендрога, общее водопотребление в СССР к концу XXI века может достигнуть 1000 км<sup>3</sup> в год, из которых 600—700 км<sup>3</sup> составят безвозвратные потери.

Эти пока ориентировочные цифры свидетельствуют о необходимости осуществления ряда радикальных водохозяйственных мероприятий уже в настоящее время. Прежде всего исключительное внимание должно уделяться сокращению удельного водопотребления во всех отраслях народного хозяйства, проведению различных видов регулирования стока с широким использованием водохранилищ. Не менее важен более тщательный учет водного фактора при рассмотрении перспектив развития экономики и сопутствующих ей изменений в различных природных зонах страны. По-видимому, в отдельных районах с ограниченными и уже исчерпанными водными ресурсами не следует предусматривать создание новых водоемких предприятий или размещать крупные орошаемые массивы, если это не будет подкреплено достаточно исчерпывающими технико-экономическими обоснованиями или диктоваться соображениями общегосударственного порядка. Существенное значение должно приобрести земледелие в условиях более плодотворного использования биоклиматического потенциала в зонах достаточного и неустойчивого увлажнения.



## Глава 4. РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

### § 1. ВИДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА

Формы регулирования водных ресурсов весьма многообразны, они могут быть разделены на два вида: непосредственное и косвенное регулирование (рис. 22).

Непосредственное регулирование характеризуется тем, что изменения в режиме водотока или водоема наступают сразу после осуществления различных гидротехнических мероприятий. При косвенном регулировании эти изменения проявляются через значительно больший период времени и могут быть не столь значительными, как при первом виде регулирования.

\* Рассмотрим вкратце различные формы регулирования водных ресурсов.

Отъем воды из рек и водоемов производится для удовлетворения потребностей водоснабжения, рыбоводства, орошения и обводнения, а иногда и энергетики. Для этого сооружают откры-

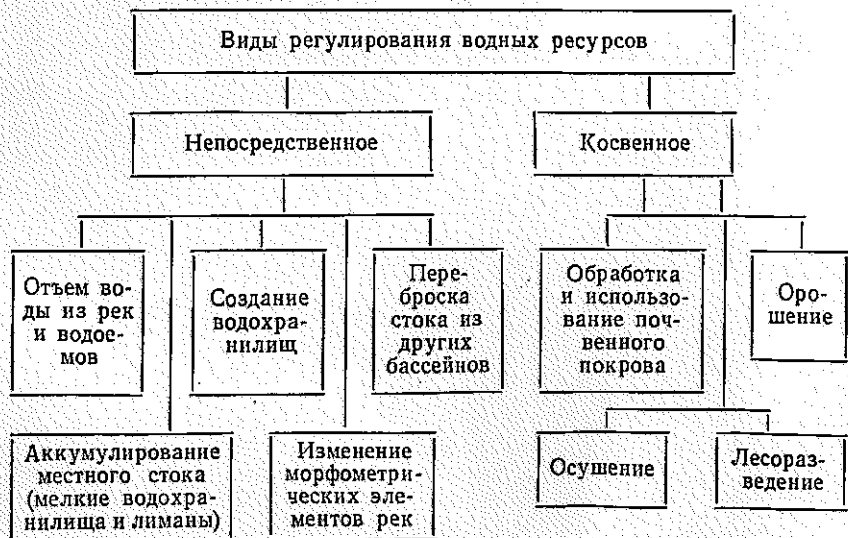


Рис. 22. Виды регулирования стока

тые водозаборы в виде шлюзов-регуляторов при небольших расходах воды или же плотины с рядом пролетов, перекрываемых затворами. Такие устройства обеспечивают самотечную подачу воды к местам ее потребления. Для этих же целей довольно часто приходится строить насосные станции.

Водохранилища являются наиболее распространенным видом регулирования стока. Возведение плотин и дамб дает возможность аккумулировать большие объемы воды, используемые многими участниками водохозяйственного комплекса. В ряде случаев практикуется строительство наливных водохранилищ значительно меньшего объема.

Переброска стока из других бассейнов осуществляется для покрытия дефицита водных ресурсов в районах с возрастающими потребностями в воде. Эта форма регулирования стока получает все большее распространение, особенно при реализации перспективных водохозяйственных планов. Транспортировка воды из одного речного бассейна в другой решается посредством каналов и туннелей в сочетании с различными гидротехническими сооружениями.

Аккумуляция местного стока чаще всего проводится в зонах неустойчивого и недостаточного увлажнения, с тем чтобы использовать поверхностный сток со сравнительно небольших водосборов в периоды весеннего снеготаяния и летне-осенних дождей. Для этого строят невысокие плотины и дамбы или же устраивают низкие земляные валы, которые образуют так называемые лиманы. Обычно объем собранной воды расходуется в течение одного сезона для орошения небольших участков, а также для рыбоводства. Иногда к этой форме мероприятий относят и снегозадержание, выполняемое в виде снежных валов, способствующих задержке талых вод и просачиванию их вглубь. Лиманы и снегозадержание обеспечивают однократное или влагозарядковое орошение (рис. 23).

Изменение морфометрических элементов рек часто называют регулированием рек. Оно проводится чаще всего в интересах судоходства для обеспечения необходимых размеров поперечного сечения и радиусов закругления речных русел; иногда это бывает необходимо при строительстве осушительных систем и выполнении некоторых других гидротехнических работ.

Регулирование рек выполняется различными путями. В случае недостаточных глубин производят углубление и расчистку дна. При значительной извилистости русла прибегают к его спрямлению на отдельных участках, а иногда и на значительном протяжении. Для создания достаточно устойчивой и правильной формы поперечного сечения потока строят различные выправительные сооружения в виде струенаправляющих и водостеснительных дамб.

Эти работы довольно часто приходится дополнять креплением берегов в местах с повышенными скоростями течения. На

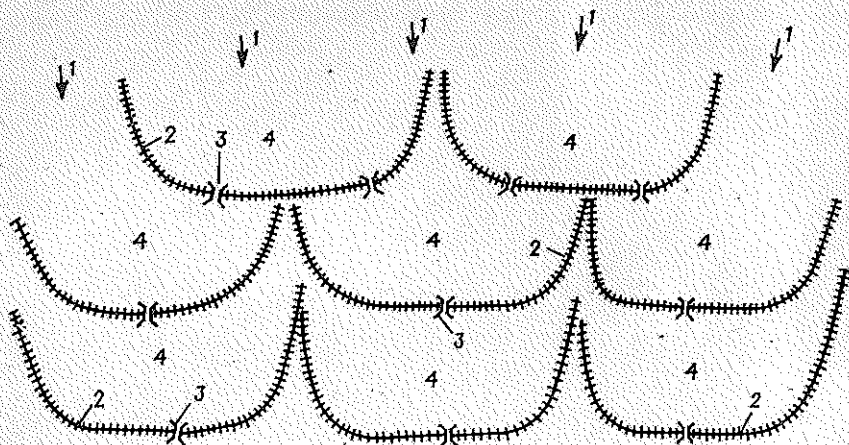


Рис. 23. Схема лиманов

1 — направление поверхностного стока; 2 — оградительные валы; 3 — водовыпуски; 4 — секции лимана

участках с недостаточной пропускной способностью русла производят так называемую разгрузку его, для чего вдоль реки прокладывают специальные разгрузочные каналы. При этом в отличие от спрямления, когда засыпается часть старых участков реки, предусматривается функционирование как новых каналов, так и старого русла (рис. 24).

Проведение перечисленных мероприятий по регулированию рек всегда сопровождается значительными изменениями в их режиме, отвечающими интересам водопользователей: повышаются или понижаются уровни, расходы и скорости течения, прекращается размыв дна и берегов, происходит отложение наносов на различных участках.

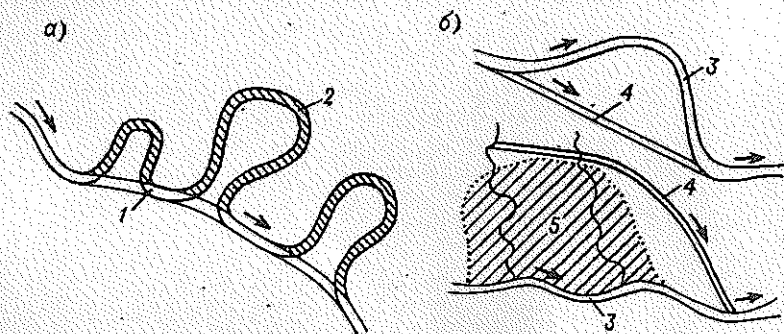


Рис. 24. Простейшие схемы регулирования рек

а — спрямление; б — разгрузка; 1 — новое русло; 2 — старое засыпанное русло; 3 — старое русло; 4 — разгрузочный канал; 5 — площадь, затопляемая во время паводка

Косвенное регулирование водных ресурсов связано с изменениями климатических, геологических, гидрогеологических, гидрологических и почвенных условий. Большое значение имеют виды и состояние растительности. Некоторая оценка влияния лесомелиоративных и агротехнических мероприятий на возможное изменение годового стока дана в табл. 10. Регулирование водных ресурсов в пределах речного бассейна или части его не должно вызывать ухудшения природных условий, и в первую очередь гидрологического режима водотоков и водоемов.

## § 2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДОХРАНИЛИЩ

Ввиду больших колебаний речного стока во времени, зависящих от метеорологических условий и необходимости удовлетворения интересов различных отраслей народного хозяйства, приходится создавать водохранилища. Они в наилучшей степени обеспечивают регулирование водных ресурсов, накапливая их в периоды паводков и давая возможность рационально использовать их во время маловодья.

После постройки плотины на реке и создания водохранилища различают следующие уровни воды (рис. 25):

нормальный подпертый уровень, или горизонт (НПУ или НПГ); под ним подразумевается наивысший уровень воды, который сохраняется в течение длительного периода времени;

форсированный подпертый уровень, или горизонт (ФПУ или ФПГ); он соответствует пропуску больших паводковых расходов, вероятность которых весьма незначительна;

уровень, или горизонт, мертвого объема (УМО или ГМО); это наимизший уровень сработки водохранилища в период его эксплуатации.

Разность между НПУ и УМО называют глубиной сработки, а соответствующий ей объем — полезным объемом водохранилища. Обычно снижение уровня воды ниже УМО не производится, за исключением тех случаев, когда нужно промыть (через донные отверстия) накопившиеся в водохранилище

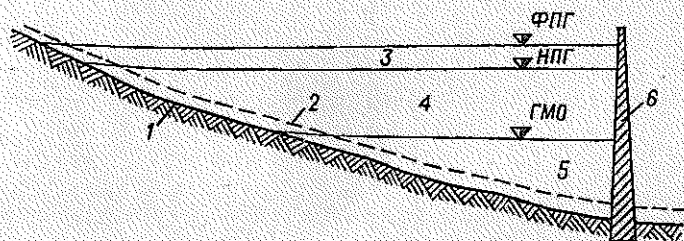


Рис. 25. Основные параметры водохранилища

1 — дно реки; 2 — естественный уровень воды; 3, 4, 5 — соответственно резервный, полезный и мертвый объемы водохранилища; 6 — плотина

наносы или же выполнить некоторые ремонтные работы в чаше водохранилища и произвести облов рыбы. Последние мероприятия проводят в сравнительно небольших водохранилищах, использующих в основном местный сток.

Объем водохранилища, заключенный между НПУ и ФПУ, называется резервным объемом; он используется для аккумуляирования части паводковых расходов воды.

Обычно полный объем водохранилища складывается из мертвого и полезного объемов. В отдельных случаях, и в частности при создании водохранилищ в целях борьбы с наводнениями, в полный объем следует включать и резервный.

По расположению относительно уровня Мирового океана все водохранилища могут быть разделены на три типа: равнинные, предгорные и горные.

Особое положение занимают озера, которые естественным образом регулируют сток вытекающих из них рек. Это видно на примере Ангары, Иртыша, Невы, Свири и других рек, вытекающих из озер и характеризующихся незначительными колебаниями среднегодового стока. В отдельных случаях, при строительстве плотин вблизи истоков рек, берущих свое начало из озер, в них происходит подпор уровней, и они превращаются в своеобразные озерные водохранилища. Таковы, например, водохранилища Иркутской ГЭС на Ангаре, Бухтарминской ГЭС на Иртыше, Верхнесвирской на Свири и ряд других.

Равнинные водохранилища характеризуются большими площадями водной поверхности и значительными размерами затоплений. Средняя глубина их 5—15 м, глубина сработки 3—7 м. При колебании уровней воды в пределах от НПУ до УМО происходит значительное сокращение затопленных площадей (иногда в 1,5—2 раза), которые используются недостаточно эффективно. Изменение уровней в этих водохранилищах сопровождается интенсивной переработкой берегов, которые в основном сложены легкоразмываемыми породами. Кроме того, весьма заметен подъем уровней грунтовых вод и связанное с этим подтопление территорий. К таким водохранилищам можно отнести Куйбышевское, Саратовское, Волгоградское и Рыбинское на р. Волге, Цимлянское на р. Дону, Каховское, Днепродзержинское, Кременчугское и Киевское на р. Днепре и др.

Предгорные водохранилища отличаются от равнинных значительными глубинами (до 70—100 м) и соответственно большими глубинами сработки уровней (до 10—20 м). Ввиду того что эти водоемы располагаются в более устойчивых породах, процессы разрушения берегов здесь менее интенсивны, а повышение уровня подземных вод не вызывает нарушения нормальной хозяйственной деятельности. Убытки, вызванные затоплением территории, существенно меньше, так как населенных пунктов в таких районах мало и площади ценных сельскохозяйственных земель невелики. К водохранилищам данного типа от-

носятся Красноярское на р. Енисее, Братское и Усть-Илимское на р. Ангаре, Мингечаурское на р. Кура и др.

Горные водохранилища характеризуются еще большими глубинами (свыше 100 м) при глубине сработки до 50—70 м, что обеспечивается за счет высоких и крутых берегов, сложенных скалистыми породами. Площади затоплений здесь незначительны, а процессы разрушения благодаря достаточной прочности берегов почти незаметны. Наряду с этим в горных условиях более интенсивно протекают процессы заиления, что обусловлено высокой мутностью горных рек. К водохранилищам такого типа можно отнести Нурекское на р. Вахш, Ингурское на р. Ингури, Чиркейское на р. Сулак, Токтогульское на р. Нарын и др.

В табл. 15 приведены данные по наиболее крупным водохранилищам СССР, которые удовлетворяют запросам многих участников водохозяйственного комплекса. Из таблицы видно, насколько резко отличаются основные параметры водохранилищ горного типа от равнинных и предгорных.

Таблица 15

Характеристика наиболее крупных водохранилищ СССР

Водохранилище	Река	Максимальный напр. м	Среднегодовой сток в створе плотины, км³	Объем водохранилища, км³		Площадь водного зеркала при НПУ, км²	Средняя глубина, м	Назначение водохранилища *	Год заполнения
				полный	полезный				
Братское	Ангара	106,0	91,7	169,3	48,2	5470	32,6	Э, Т, Л	1957
Красноярское	Енисей	101,0	88,3	73,3	30,4	2000	34,4	Э, Т, Л	1970
Куйбышевское	Волга	28,0	241,0	58,0	34,6	6448	8,9	Э, Т, И, В, Л	1957
Бухтарминское	Иртыш	64,7	18,7	53,0	31,0	5500	9,6	Э, В, И, Т	1967
Волгоградское	Волга	25,0	250,0	32,1	8,3	3165	10,1	Э, Т, И, Л	1959
Рыбинское	»	18,0	32,6	25,4	14,4	4550	5,6	Т, Э, Р, Л	1941
Цимлянское	Дон	26,6	21,0	23,8	11,5	2700	8,8	И, Т, Э, Р, Л	1932
Мингечаурское	Кура	65,0	12,5	16,1	8,3	606	26,6	И, Э, Н, Т	1953
Нурекское	Вахш	275,0	20,3	10,5	4,5	98	107,2	И, Э, В	Строится

\* Э — гидроэнергетика; И — ирригация; Т — водный транспорт; В — водоснабжение; Р — рыбное хозяйство; Л — лесосплав; Н — борьба с наводнениями.

Следует отметить, что по мере развития народного хозяйства вблизи каждого из существующих водохранилищ могут появляться новые водопользователи, прежде всего промышленные предприятия, удовлетворение потребностей которых в воде является задачей первоочередной важности.

Иногда для создания запасов воды, преимущественно для орошения и водоснабжения, используют естественные замкнутые понижения местности или же устраивают искусственные водоемы, ограниченные дамбами. В качестве примеров могут служить

водохранилища на трассе Большого Каракумского канала в начале его и у г. Теджена, Варнавинское водохранилище в бассейне р. Кубани и ряд других. Обычно объемы таких водоемов значительно меньше и исчисляются несколькими миллионами кубометров.

Небезинтересно знать, что самое крупное водохранилище мира Оуэн-Фолс создано в 1964 г. на реках Виктория и Нил и расположено на территории республик Уганды, Кении и Танзании. Площадь водного зеркала его 76 тыс. км<sup>2</sup>, полный объем 204,8 км<sup>3</sup>. На втором месте по объему находится Братское водохранилище, далее следуют водохранилища Кариба на р. Замбези в Республике Замбия и в Родезии (160 км<sup>3</sup>), Насер (Асуанское) на р. Ниле в Арабской Республике Египет и Судане (157 км<sup>3</sup>), Вольта на р. Вольте в Гане (148 км<sup>3</sup>) и Даниэль-Джонсон на р. Маникуган в Канаде (141,7 км<sup>3</sup>). Все эти водохранилища являются комплексными и обеспечивают интересы ирригации, энергетики, водоснабжения и водного транспорта.

### § 3. РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА ВОДОХРАНИЛИЩАМИ

При проектировании, создании и эксплуатации водохранилищ различают следующие виды регулирования стока: суточное; недельное; сезонное или годовое; многолетнее; специальное.

При суточном регулировании производится перераспределение сравнительно равномерного притока воды в течение суток для удовлетворения изменяющихся потребностей участников водохозяйственного комплекса. Суточное регулирование весьма распространено, оно обеспечивает в первую очередь запросы гидроэнергетики, судоходства и водоснабжения. В часы с малым потреблением вода аккумулируется в водохранилище и расходуется в часы с наибольшей потребностью. Обычно при этом виде регулирования уровень воды в водохранилище к концу суток занимает исходное положение.

Суточное регулирование позволяет значительно уменьшить пропускную способность и мощность водозаборных сооружений, предназначенных для водоснабжения различных объектов или для орошения земель, что, в свою очередь, дает возможность снизить затраты на строительство. Кроме того, суточное регулирование обеспечивает потребности большего числа участников водохозяйственного комплекса по сравнению с естественным режимом водотока. При высоконапорных гидростанциях вблизи напорного бассейна довольно часто строят специальный бассейн суточного регулирования, что дает возможность дополнительно использовать объем воды в деривационном канале, заключенный между уровнями, соответствующими максимальному и минимальному расходам ГЭС.

Недельное регулирование имеет целью обеспечить неравномерное потребление воды в течение недели. Соответственно



производятся накопление притекающих объемов и расходование их в наиболее напряженные дни. Это весьма важно для энергетики и водоснабжения, для которых выходные и праздничные дни характеризуются резким сокращением потребления энергии и воды. Вместе с тем в навигационный период в эти дни могут потребоваться дополнительные объемы на шлюзование в связи с большим числом пассажирских и туристических судов.

Общая продолжительность одного цикла колебаний уровней при недельном регулировании исчисляется одной неделей, и к концу ее горизонт воды в водохранилище будет возвращаться к исходному положению. Однако это положение может не соблюдаться в случае сезонного, годовичного или многолетнего регулирования.

Сезонное, или годовичное, регулирование производится для перераспределения стока из многоводных сезонов года в маловодные. Как известно, наибольший приток приурочен к весенним и летне-осенним паводкам соответственно снего-ледникового и дождевого происхождения. В эти периоды водохранилище наполняется, а в остальное время — срабатывается. Наиболее простым является случай, изображенный на рис. 26, когда регулирование производится на постоянный расход, что на практике встречается довольно редко. Чаще всего потребности в воде заметно меняются, и это особенно характерно для орошения.

Если зарегулированный расход равен среднему расходу расчетного маловодного года, то регулирование доведено до полного годового, и недостатки воды в одни сезоны будут компенсированы их избытками в другие периоды. В тех случаях, когда зарегулированный расход окажется меньше среднего расхода маловодного года, часть накопленной воды после затопления водохранилища будет сброшена в нижний бьеф. Такое регулирование называют неполным годовичным.

Многолетнее регулирование позволяет выравнивать сток на протяжении ряда лет. При этом происходит накопление воды в многоводные годы и расходование ее в маловодные годы. Этот вид регулирования по сравнению с рассмотренными ранее является наиболее совершенным и в наилучшей степени удовлетворяет противоречивые запросы различных участников водохозяйственного комплекса. При многолетнем регулировании полный цикл колебаний уровней завершается на протяжении

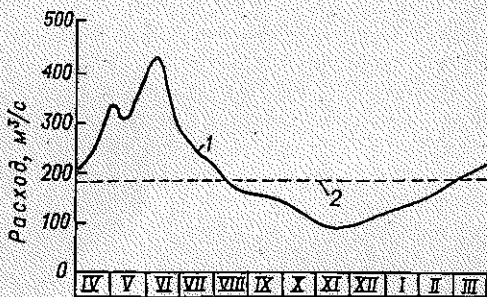


Рис. 26. График сезонного регулирования  
1, 2 — гидрографы соответственно естественных и зарегулированных расходов

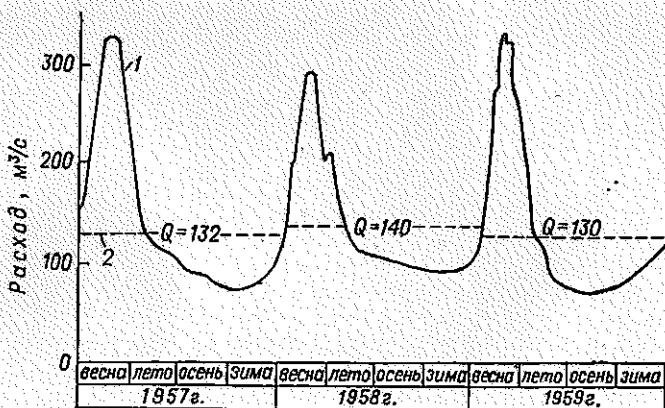


Рис. 27. Схема полного годичного регулирования стока  
 1, 2 — гидрографы соответственно естественных и зарегулированных расходов

ряда лет, поэтому к концу каждого года они не будут возвращаться к первоначальному положению. Чем меньше разница между величинами зарегулированного и среднемноголетнего годового расходов воды, тем более продолжителен период сбрасывания и наполнения водохранилища. Для многолетнего регулирования, по сравнению с другими видами регулирования, нужны гораздо большие полезные объемы. Это объясняется тем, что приходится выравнивать колебания стока не только в пределах одного года, но и на протяжении ряда лет (рис. 27).

Специальное регулирование может осуществляться в различных формах. Оно проводится прежде всего в тех случаях, когда график потребления воды некоторыми участниками водохозяйственного комплекса не является определенным. В частности, это относится к лесосплаву, для которого помимо суточного и недельного регулирования приходится осуществлять дополнительные выпуски воды, с тем чтобы поддерживать нужные глубины и скорости течения. Эти выпуски сопряжены со значительными потерями воды и не всегда бывают достаточно эффективными. Периодическая подача воды в нижний бьеф производится также в интересах судоходства и рыбного хозяйства. Иногда бывает необходимость временного затопления пойменных лугов или лиманов с целью получения больших урожаев трав и овощей, а также отдельных мелководий для борьбы с очагами малярии.

В некоторых предгорных районах для предотвращения опасности преждевременного заиления водохранилища выше его по течению устраивают небольшое водохранилище, предназначенное для перехвата основной части поступающих наносов.

При расположении гидростанции на сравнительно небольшой реке неравномерность поступления воды в собственное, или буферное, водохранилище может быть устранена устройством специального компенсирующего водохранилища, которое создают выше по течению (рис. 28).

Большое значение имеет перерегулирование стока в пределах речного бассейна. Так, водохранилища, расположенные в верховьях реки, могут, как правило, использоваться для нужд гидроэнергетики, поскольку там можно обеспечить большие напоры. Вода, прошедшая по гидротурбинному тракту, будет использована в нижерасположенном водохранилище для орошения и водоснабжения. Наконец, еще ниже по течению оставшиеся объемы стока могут удовлетворить потребности судоходства, рыбоводства или запросы других водопользователей. Такое перерегулирование стока должно быть увязано с перспективами развития народного хозяйства в пределах данного речного бассейна или экономического района.

В отдельных случаях регулирование стока проводится в целях борьбы с наводнениями. Для этого к началу ожидаемых паводков уровень воды в водохранилище должен находиться на достаточно низких отметках, с тем чтобы можно было аккумулировать большую часть объема паводкового стока.

Иногда водохранилище гидростанции может быть сработано в течение короткого промежутка времени, что бывает необходимо при резком повышении потребности в электроэнергии (аварии в энергосистеме и другие причины). Последующее заполнение водохранилища будет происходить в течение более длительного периода времени. Подобные действия возможны, если при этом не будет нанесен существенный ущерб другим участникам водохозяйственного комплекса.

Годичное и многолетнее регулирование выполняется при наличии водохранилищ с большими объемами. Для суточного и недельного регулирования возможно использовать водохранилища значительно меньшего объема.

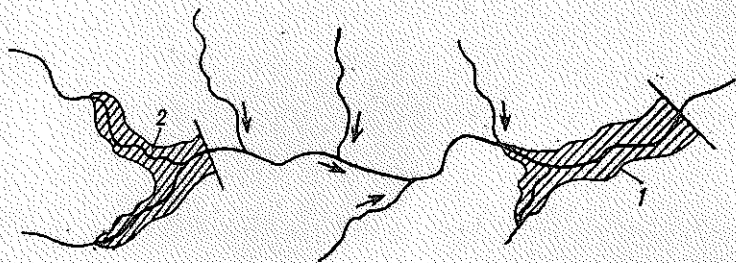


Рис. 28. Схема расположения водохранилищ  
1 — собственное, или буферное, водохранилище; 2 — компенсирующее водохранилище

Суточное регулирование осуществляется с использованием довольно достоверных гидрологических данных, ибо прогнозирование режима стока на сутки вперед производится с достаточной степенью точности. Несколько сложнее это бывает при недельном и особенно сложно при годовичном и многолетнем регулировании. В таких случаях можно использовать данные наблюдений за стоком за предыдущие периоды времени. Однако при этом нет уверенности в повторении зафиксированных сочетаний многоводных и маловодных лет, а также в соответствующем распределении стока внутри этих лет.

Иногда проводят расчеты с использованием смоделированных гидрологических рядов или обобщенных характеристик. Методы подобных расчетов излагаются в курсах инженерной гидрологии и использования водной энергии. Наиболее сложные расчеты производят с помощью электронных вычислительных машин (ЭВМ).

Использование полезного объема водохранилища в интересах наиболее рационального удовлетворения запросов участников водохозяйственного комплекса выполняется на основе диспетчерских графиков. Для разработки их используют данные о режиме стока, требования различных водопользователей и результаты специальных водохозяйственных расчетов.

#### § 4. КОМПЛЕКСНЫЙ ГИДРОУЗЕЛ

Под комплексным гидроузлом следует понимать совокупность гидротехнических сооружений, предназначенных для планомерного удовлетворения запросов всех участников водохозяйственного комплекса.

По мере развития народного хозяйства и всевозрастающего спроса на воду происходит постепенное усложнение комплексных гидроузлов; непрерывно совершенствуются их элементы, разрабатываются более прогрессивные конструкции.

Основой большинства комплексных гидроузлов является плотина, которая создает напорный фронт, образующий водохранилище. Длина, высота и поперечные размеры плотин назначают исходя из топографических, геологических и гидрологических условий в соответствии с требованиями ведущих участников водохозяйственного комплекса; чаще всего это гидроэнергетика, орошение и водоснабжение. Как уже было указано ранее, интересы отдельных участников комплекса противоречивы. Так, гидроэнергетика заинтересована в строительстве высоких плотин, обеспечивающих создание больших напоров и значительных объемов водохранилищ. Это отчасти целесообразно и при решении проблем орошения земель, ибо можно обеспечить самоотечную подачу воды на большие площади, расположенные ниже плотины, и уменьшить высоту перекачки насосными станциями для орошения участков, находящихся выше плотины.

Однако выигрыш, получаемый от выработки электроэнергии и дополнительной сельскохозяйственной продукции за счет орошения, может оказаться значительно меньше по сравнению с убытками, вызываемыми затоплением ценных земель и важных объектов. Одним из примеров может служить проектирование Красноярской ГЭС, в процессе которого первоначальный напор пришлось снизить на 12 м и тем самым значительно уменьшить площадь затопления в верхнем бьефе. Благодаря этому удалось избежать затопления г. Абакана и ряда других населенных пунктов с памятниками, имеющими историческое значение.

Напорный фронт гидроузла состоит из глухой и водосливной плотин. В пределах последней размещаются водосливные пролеты, перекрываемые различными затворами, с помощью которых осуществляется пропуск излишних объемов воды (в основном во время паводков) в нижний бьеф. В ряде случаев, особенно при повышенной мутности потоков, производится промывка наносов, что достигается специальными донными отверстиями, расположенными ниже УМО.

При решении вопросов гидроэнергетики в состав напорного фронта входит здание гидростанции. Подвод воды к нему со стороны верхнего бьефа осуществляется через водоприемные отверстия, а отвод воды в нижний бьеф — через отсасывающие трубы. Для сокращения длины водосливного фронта плотины используется совмещенное здание ГЭС, для чего в нем предусматривают устройство специальных водосливных или донных отверстий.

Обычно в состав комплексного гидроузла входит судопропускное сооружение, которое выполняется в виде одно- или многокамерного шлюза, а при больших напорах — в виде судоподъемника. На реках с интенсивным лесосплавом в напорном фронте предусматривают плотоходы или бревноспуски.

При строительстве крупных комплексных гидроузлов решаются не только проблемы водного, но и сухопутного транспорта. Это достигается прокладкой по гребню плотины железной и автомобильной дорог — тем самым плотина одновременно служит в качестве мостового перехода. Схема комплексного гидроузла показана на рис. 29.

Для рек, имеющих рыбопромысловое значение, в составе комплексного гидроузла должны быть предусмотрены рыбопропускные сооружения. При малых напорах для этого устраиваются рыбоходы, а при средних и больших — рыбоходные шлюзы и рыбоподъемники. Для защиты рыб от попадания в турбинные камеры, водопропускные пролеты и отверстия обязательно должны выполняться рыбозащитные устройства в виде сеток, электрозаградителей и т. д. С целью пропуска наибольшего числа рыб в верхний бьеф и обратно возможно наряду с предусмотренными в составе гидроузла рыбопропускными сооружениями

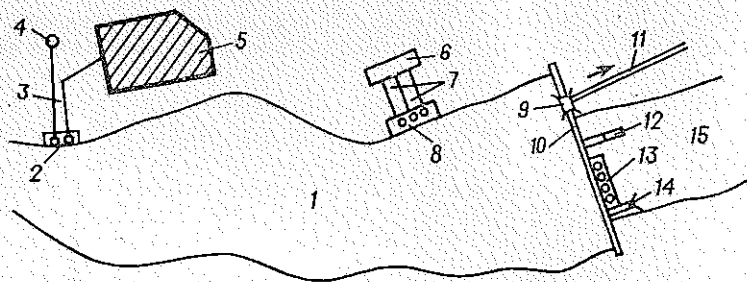


Рис. 29. Схема комплексного гидроузла

1 — водохранилище; 2 — насосная станция; 3 — трубопроводы для водоснабжения; 4 — водонапорная башня; 5 — промышленные предприятия; 6 — верхний бассейн; 7 — напорные трубопроводы; 8 — здание ГАЭС; 9 — головное водозаборное сооружение; 10 — плотина; 11 — магистральный ирригационный канал; 12 — судоходный шлюз; 13 — здание ГЭС; 14 — рыбоподъемник; 15 — нижний бьеф

использовать и другие средства: рыбоаккумуляторы, пропуск рыб через судоходные шлюзы и др. Одновременно с этим в верхнем бьефе желательно располагать нерестово-выростные хозяйства.

В состав комплексных гидроузлов, учитывающих запросы орошения, входят также водозаборные сооружения. Они могут быть выполнены в виде шлюза-регулятора или водосливной плотины, размещаемых в голове ирригационного канала, берущего свое начало в непосредственной близости от гидроузла (Краснознаменский канал у Каховского гидроузла на р. Днепре, Донской магистральный канал у Цимлянского гидроузла на р. Дону и др.) — рис. 30. В случае невозможности самотечной подачи воды для орошения на берегу образованного водохранилища размещают насосные станции различной мощности.

Аналогично решаются проблемы водообеспечения промышленных предприятий, расположенных в зоне водохранилища.

При проектировании комплексных гидроузлов должны быть учтены интересы всех отраслей народного хозяйства, имеющих отношение к создаваемому водохозяйственному комплексу. Так, своевременно надлежит подготовить чашу будущего водохранилища, обеспечив перенос населенных пунктов и очистку ее от леса. Должны быть осуществлены защитные мероприятия: постройка оградительных дамб и насосных станций, подсыпка пониженных мест, устройство сети осушительных каналов. Заблаговременно следует выполнить работы по креплению берегов, устройству новых причалов и стоянок для судов, строительству дорог и новых населенных пунктов.

В табл. 15 были приведены данные по наиболее крупным водохранилищам, созданным в результате постройки комплексных гидроузлов. В дополнение к ним можно отметить комплексные гидроузлы на р. Днепре и, в частности, самый верхний из них — Киевский. Он удовлетворил запросы гидроэнергетики, судоход-



ства, орошения, водоснабжения, здравоохранения и спорта. В зоне водохранилища созданы нерестово-выростные хозяйства и тем самым решены проблемы рыбного хозяйства. Кроме того, оно используется для работы гидроаккумулирующей электростанции, которая покрывает потребности в пиковой энергии.

Комплексные гидроузлы могут создаваться не только при строительстве плотин и образовании водохранилищ. В качестве таких гидроузлов могут рассматриваться отдельные крупные насосные станции или большие водозаборные сооружения с каналом, подающие воду для орошения, водоснабжения, водного туризма. В ряде случаев эти каналы могут использоваться для судоходства, энергетики и рыбоводства. Каналы комплексного назначения встречаются в районах развитого орошения. Наряду с этим известны примеры комплексного использования крупных осушительных каналов в Белоруссии для водоснабжения, судоходства, лесосплава и рыбоводства.

В заключение нужно отметить, что создание любого комплексного гидроузла должно сопровождаться наибольшим общим экономическим эффектом и не вызывать ухудшения природных условий района.

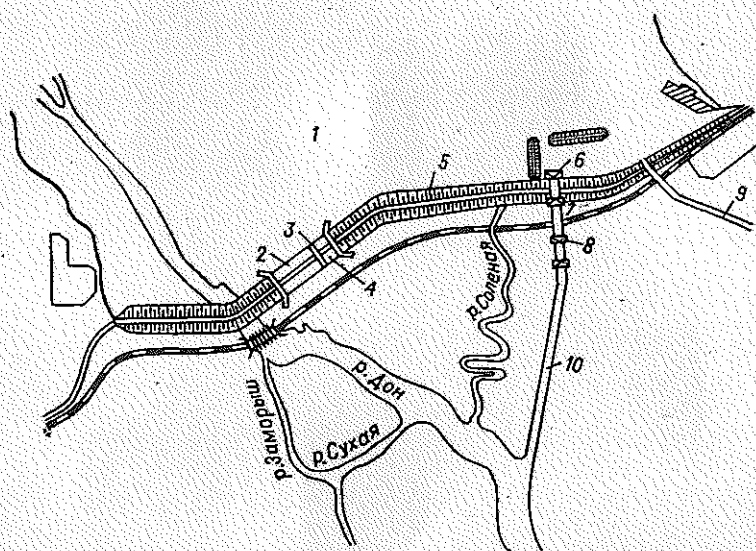


Рис. 30. Схема Цимлянского гидроузла

1 — Цимлянское водохранилище; 2 — водосливная плотина; 3 — рыбоподъемник; 4 — здание ГЭС; 5 — земляная плотина; 6 — аванпорт; 7, 8 — судоходные шлюзы; 9 — ирригационный канал; 10 — судоходный канал



## § 5. ТРЕБОВАНИЯ УЧАСТНИКОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ К ВОДОХРАНИЛИЩАМ

Ранее было отмечено, что потребности в воде различных отраслей народного хозяйства весьма разнообразны и в ряде случаев их интересы противоречивы. Со временем эти интересы меняются, что связано с дальнейшим развитием водохозяйственного строительства, совершенствованием форм производства и другими обстоятельствами.

Интересы каждого участника водохозяйственного комплекса исходят прежде всего из стремления получить наиболее благоприятные условия для эксплуатации входящих в него сооружений, обеспечивающие в конечном счете достаточный экономический эффект. Иногда при этом недоучитываются интересы других участников, что приводит к снижению общей эффективности комплексного гидроузла.

Эксплуатация комплексных гидроузлов и водохранилищ является сравнительно новой отраслью водного хозяйства, в которой имеется много сложных и еще не решенных вопросов. Поэтому и требования участников водохозяйственного комплекса к режиму работы водохранилищ пока еще нельзя считать полностью определенными и установившимися. Очевидно, что эти требования должны исходить из условий оптимального развития каждого участника согласно возможностям комплексного гидроузла и не причинять заметного ущерба другим участникам водохозяйственного комплекса. Они могут быть сформулированы в следующем виде.

**Водоснабжение и здравоохранение.** В местах водозаборных сооружений в течение всего года следует поддерживать достаточные глубины, обеспечивающие бесперебойное водоснабжение. При этом должна быть обеспечена проточность со скоростями течения не менее 0,2 м/с.

Рекомендуется пропускать в нижний бьеф первые объемы весеннего паводка, так как они в наибольшей степени загрязнены вредными органическими и минеральными веществами. По возможности нужно предотвращать образование мелководий, в пределах которых образуются зоны с интенсивным цветением воды, а иногда и очаги малярийных заболеваний. С этой целью мелководья следует затопить на глубину не менее 2 м, что должно быть увязано с режимом работы гидростанции.

Совершенно недопустимо располагать водозаборные сооружения вблизи канализационных выпусков, мест с интенсивным движением, стоянок судов. Чаша водохранилища должна быть очищена от растительности, все кладбища и скотомогильники перемещены из зоны затопления на более высокие места. Особое внимание следует уделить организации пляжей и мест отдыха населения. Для этого нужно выбирать зоны водохранилища с наиболее чистой водой и устойчивыми берегами.

В процессе эксплуатации водохранилищ необходимо обеспечить специальный режим попусков в нижний бьеф, с тем чтобы обеспечить нормальное функционирование водозаборных сооружений, а также для разбавления сточных вод до допустимых норм. Кроме того, следует использовать эти попуски для промывки участков рек, оставшихся без воды при строительстве деривационных ГЭС, и для вытеснения соленой воды, поступающей из морей в устьевые участки рек. Должно быть также устранено застаивание загрязнений у мест расположения водозаборов.

**Орошение и осушение.** Водоохранилища необходимо заполнять до начала оросительного сезона для того, чтобы располагать достаточными объемами воды и уровнями, обеспечивающими бесперебойную подачу воды на орошаемые земли. Весной следует избегать длительного затопления площадей, используемых под зерновые и овощные культуры.

В вегетационный период нужно подавать воду в нижний бьеф, если это требуется для бесперебойного снабжения оросительных систем, расположенных ниже по течению. Имея в виду особую ценность пойменных земель, необходимо обеспечивать их затопление весной на 10—20 суток. Умелое регулирование влажности этих площадей обеспечивает получение высоких урожаев трав. Вместе с тем уровни воды в нижнем бьефе не должны быть выше отметок гребня дамб, защищающих наиболее ценные сельскохозяйственные земли от затопления.

**Гидроэнергетика.** Необходимо поддерживать оптимальные режимы напоров, при которых через турбинный тракт должна проходить наибольшая часть годового стока. Это даст возможность свести к минимуму холостые сбросы через водосливную плотину.

По возможности, если это существенно не затрагивает интересы других участников водохозяйственного комплекса, следует стремиться к исключению ограничений суточного и недельного регулирования стока, которое крайне необходимо для выработки дополнительного количества электроэнергии и покрытия пиковой части графика нагрузок в соответствии с часто меняющимися запросами ее потребителей.

Желательно к концу зимнего периода срабатывать водохранилище до УМО, что увеличивает выработку энергии зимой и освобождает полезный объем для заполнения его в период весеннего паводка. Не рекомендуется производить сработку водохранилища летом, так как при этом расходуются объемы воды, которые могут быть использованы осенью и зимой со значительно большим эффектом.

Иногда при пропуске паводков целесообразно допускать повышение уровня водохранилища от НПУ до ФПУ, что позволяет дополнительно аккумулировать сток и соответственно повысить мощность и выработку электроэнергии.

Следует заметить, что перечисленные требования различны в зависимости от типа гидростанций и их места в каскаде гидроузлов. В связи с возрастающей ролью других участников водохозяйственного комплекса, и в частности орошения или водоснабжения, интересы гидроэнергетики иногда приходится ограничивать.

**Водный транспорт и лесосплав.** Необходимо в течение навигационного периода на всех основных и второстепенных судовых трассах в водохранилище поддерживать требуемые глубины. Одновременно с этим в межлетний летний период нужно пропускать через сооружения в нижний бьеф несколько повышенные по сравнению с естественными расходы воды, для того чтобы создать беспрепятственные условия для плавания судов ниже гидроузла. В связи с этим нежелательно производить суточное и недельное регулирование на одиночно расположенных гидростанциях, если это может вызвать резкие колебания уровней воды в нижнем бьефе.

В интересах обеспечения нормального отстоя судов в верхнем бьефе в зимних условиях желательно не срабатывать водохранилище глубоко, так как при этом могут обмелеть подходы к портам и временным стоянкам.

Иногда в навигационный период приходится осуществлять кратковременные попуски в нижний бьеф. Это бывает необходимо, например, для снятия судов и плотов с мелей, для плавания судов с повышенной осадкой. В устьях рек, впадающих в водохранилище и используемых для лесосплава, желательно поддерживать глубины, обеспечивающие нормальный пропуск плотов и кошелей.

**Рыбное хозяйство.** На реках, которые до постройки гидроузлов имели рыбопромысловое значение, необходимо стремиться к созданию благоприятных условий для воспроизводства рыб. Особое внимание должно быть проявлено к весенне-летнему нересту, во время которого в водохранилище нужно поддерживать постоянные уровни. Несоблюдение этого требования приводит к обсыханию отложенной при нересте икры и ее гибели.

После окончания нереста и появления мальков рекомендуется понижать уровень водохранилища на 1—1,5 м, с тем чтобы поверхность дна, вышедшая из-под воды, покрылась растительностью и могла бы в последующие годы снова служить средой для отложения рыбами икры. При этом целесообразно на обсохшую поверхность дна вносить удобрения, безвредные для рыб. Рекомендуется также после окончания летней сработки водохранилища не допускать периодических повышений в нем уровня воды, так как рыба может зайти в заполненные водой местные понижения дна и ямы, которые в дальнейшем при снижении уровня оказываются отделенными от водохранилища. Это приводит к массовой гибели рыб. Зимнюю сработку водохранилища следует производить в возможно более поздние сроки,

имея в виду, что раннее глубокое снижение уровней воды резко уменьшает содержание в ней кислорода и вызывает замор рыбы. Кроме того, может произойти придавливание рыбы опускающимся льдом.

Во время нереста рыб в нижнем бьефе необходимо обеспечить систематические попуски воды, для того чтобы поддерживать нерестилища в затопленном состоянии.

**Прочие участники водохозяйственного комплекса.** Для успешной борьбы с наводнениями нужно, чтобы водохранилище к началу паводков было сработано до УМО.

Населенные пункты, промышленные объекты, транспортные и другие сооружения, расположенные в непосредственной близости от водохранилища, заинтересованы в том, чтобы не происходило значительных колебаний уровней воды, так как они усиливают процессы переработки берегов, ухудшают их санитарное состояние и прибрежной акватории. Для сохранения первобытной флоры и фауны в заповедниках, находящихся в устьевых участках рек, желательно поддерживать первоначальный естественный гидрологический режим. Это же относится и к тростниково-камышовым зарослям, которые иногда используют в качестве сырья для целлюлозно-бумажной промышленности.

Приведенный здесь примерный перечень требований основных участников водохозяйственного комплекса к водохранилищам свидетельствует о наличии значительных противоречий при удовлетворении потребностей каждого из них. Практически ни на одном из комплексных гидроузлов нельзя обеспечить полное разрешение всех интересов водопользователей. Поэтому правильно было бы исходить из народнохозяйственной значимости каждого участника водохозяйственного комплекса применительно к конкретному водохранилищу, с учетом режима его эксплуатации. Тогда можно было бы ограничить потребности одних участников в интересах других. Однако в современных условиях пока еще отсутствует методически обоснованная технико-экономическая оценка разных режимов эксплуатации водотоков и водохранилищ для различных водопользователей и для всего водохозяйственного комплекса, что не дает возможности найти оптимальное решение поставленной задачи. Поэтому дальнейшие исследования в этом направлении и, в частности, развитие метода многоцелевой оптимизации являются делом первостепенной важности.

## § 6. ПОСЛЕДСТВИЯ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

В условиях комплексного использования водных ресурсов водохранилища имеют исключительно большое значение для регулирования стока и планомерного использования его в различных целях.

Однако наряду с этим образованию водохранилищ присущи и некоторые последствия, неблагоприятно влияющие на природные условия и окружающую среду. Эти изменения проявляются в прямой и косвенной формах. Прямые последствия создания водохранилищ наиболее многочисленны и выражаются в следующем.

**Затопление и подтопление земель.** При заполнении водохранилищ происходит затопление значительных площадей, большая часть которых, как правило, используется в сельскохозяйственных целях или занята лесными насаждениями. В частности, в пределах Волжско-Камского каскада гидроузлов при затоплении площадей на долю пахотных угодий пришлось 12, сенокосов — 28, выгонов и пастбищ — 8, леса и кустарника — 38, прочих — 14%. Многие затопляемые сельскохозяйственные земли расположены на пойменных территориях, которые отличаются высоким плодородием. Поэтому компенсация их довольно часто вызывает затруднения, и сельское хозяйство из-за этого терпит большие убытки.

При образовании водохранилищ различают зоны постоянного затопления, временного затопления и подтопления.

Зона постоянного затопления включает в себя все площади, расположенные от уреза воды в естественных условиях до уреза воды, соответствующего НПУ, и навсегда исключенные из хозяйственного использования.

К зоне временного затопления относятся площади, расположенные выше НПУ в пределах ФПУ и находящиеся в затопленном состоянии в течение непродолжительного времени. После этого они могут использоваться под сенокосы или пастбища.

Образование зон подтопления связано с подъемом уровня грунтовых вод после заполнения водохранилища. Этот процесс протекает очень медленно и обусловлен фильтрационными свойствами грунтов, режимом уровней водохранилища и притоком грунтовых вод извне. Кроме того, на него оказывают влияние и атмосферные осадки, выпадающие на поверхность. Ширина зоны подтопления может быть весьма значительной и в ряде случаев измеряется многими километрами. Повышение уровня грунтовых вод вызывает заболачивание земель, подтопление различных сооружений и ухудшение санитарных условий местности.

**Переформирование берегов и дна.** Частые колебания уровня воды в водохранилище и связанное с этим переувлажнение масс грунта вызывают размывы и обрушение берегов; эти процессы усиливаются и динамическим воздействием волн. Наиболее характерны указанные явления для первых лет эксплуатации водохранилища, особенно во время штормов, когда происходит обрушение больших объемов грунта. В дальнейшем процессы берегообрушения постепенно затухают.

Повышение уровня грунтовых вод при подтоплении вызывает оползневые явления, особенно в условиях лёссовидных грунтов. Переформирование берегов сопровождается отложением размывших пород на дне водохранилища и образованием подводных отмелей, а также отложением взвешенных наносов. Последнее происходит вследствие гораздо меньших скоростей течения в водохранилище по сравнению с естественными речными условиями.

При затоплении торфяников, расположенных в чаше водохранилища, наблюдается их всплытие, сопровождающееся зачастую образованием торфяных островов. Эти острова, перемещаясь по направлению к гидроузлу, могут причинять различные неприятности, в частности, они забивают решетки турбинных водоводов и пазы затворов, мешают судоходству и лесосплаву. Подобные явления наблюдались в Рыбинском, Новосибирском и других водохранилищах, особенно в первые годы их эксплуатации.

**Изменения гидрологического режима.** Большое положительное значение имеет выравнивание колебаний среднегодового стока. Этому сопутствует срезка пиков половодья, вследствие чего уменьшаются затопления в нижнем бьефе: в меженный период дополнительные попуски из водохранилища обеспечивают несколько повышенные по сравнению с естественными условиями уровни и расходы воды. Одновременно с этим происходят размывы в нижнем бьефе, интенсивность которых обусловлена напором, расходами и скоростями течения воды, а также характером грунтов, слагающих русло реки.

Наблюдаются изменения в температурном режиме воды. Температура воды в водохранилище в летне-осенний период становится ниже, чем в реке, и оно раньше покрывается льдом. Удлиняется период ледостава, что соответственно сокращает продолжительность навигации в пределах акватории водохранилища. В зимнее время в связи с поступлением из глубинных слоев водохранилища более теплой воды в нижнем бьефе образуются полыньи, длина которых может достигать нескольких десятков километров.

В условиях больших площадей водного зеркала особое значение приобретают волновые процессы, влияющие не только на переформирование берегов, но и на усложнение условий судоходства и лесосплава.

По сравнению с первоначальными условиями резко возрастают потери воды на испарение. Из-за этого в широких и мелких водохранилищах эффект регулирования стока заметно снижается. О величинах испарения можно судить по следующим цифрам. В 1970 г. на нужды всего народного хозяйства СССР расходовалось 253 км<sup>3</sup> воды, из которых 154 км<sup>3</sup> составляли безвозвратные потери, в том числе 22 км<sup>3</sup> на испарение с поверхности водохранилищ (см. табл. 14).



Из-за образования мелководий и затопления земель с мощным гумусовым слоем происходят сложные гидробиологические и гидрохимические процессы, сопровождающиеся разложением органических веществ и цветением воды в водохранилищах. Это усугубляется выпуском плохоочищенных сточных вод и малыми скоростями течения, в результате чего ухудшается санитарное состояние водоема.

Косвенные последствия образования водохранилищ, охватывающие более сложные вопросы и значительно большие территории, изучены недостаточно. Прежде всего здесь нужно отметить возможные изменения климата, которые проявляются в повышении влажности воздуха и образовании туманов, в более спокойном изменении температуры воздуха в течение суток и года. В ряде южных районов в зоне крупных водохранилищ наблюдается некоторое снижение среднегодовой температуры воздуха и особенно средней за вегетационный период.

Одновременно с этим заметно увеличение количества атмосферных осадков, что является благожелательным фактором для сельского хозяйства.

Создание водохранилищ с большими открытыми акваториями, вызывающее изменение температурно-влажностного состояния окружающего воздуха, способствует образованию ветров, что не всегда совпадает с интересами сельского хозяйства, водного транспорта и других участников водохозяйственного комплекса.

Косвенные изменения, связанные с образованием водохранилищ, выражаются также в появлении территорий, которые становятся трудными для использования в хозяйственных целях. Это прежде всего относится к островам, сообщение с которыми весьма затруднительно, к мелководьям, периодически подвергающимся затоплению, к зонам подтопления и т. д. Безусловно, что в дальнейшем, по мере эксплуатации водохранилищ и развития исследований их режимов, будут установлены и другие аспекты их влияния на окружающую среду.

Имеющийся опыт эксплуатации комплексных гидроузлов свидетельствует о необходимости осуществления ряда мероприятий, позволяющих повысить эффективность использования водных ресурсов и в известной мере ограничить некоторые неблагоприятные последствия создания водохранилищ. К числу подобных мер относится частичное ограничение интересов некоторых участников водохозяйственного комплекса или удовлетворение их потребностей дополнительными средствами без нанесения ущерба всей системе в целом. Например, целесообразно ограничивать попуски в нижний бьеф, так как они вызывают потери в выработке электроэнергии и в ряде случаев нарушают судоходство и нормальное функционирование водозаборных сооружений в водохранилище.



Удовлетворение интересов рыбного хозяйства в нижнем бьефе может производиться путем устройства специальных вододелителей, с помощью которых будут осуществляться обводнение мест нереста, углубление и расчистка подходных каналов к местам обитания рыб и устройство искусственных нерестилищ. Рекомендуются также широкая организация нерестово-выростных хозяйств.

Запросы сельского хозяйства в нижнем бьефе могут быть решены посредством обвалования пойменных земель и двустороннего регулирования влажности, что достигается применением дождевания как более экономного способа орошения. Подобное удовлетворение интересов сельского и рыбного хозяйств предусмотрено в ряде проектов комплексного использования низовьев Волги, Дона, Днепра и некоторых других рек. Значительных объемов эти работы достигнут в пределах Волго-Ахтубинской поймы, которая известна большими потенциальными возможностями для сельского хозяйства и рыбоводства.

Устранение вредных последствий, вызываемых мелководьями, может идти путем их обвалования и широкого использования для нужд сельского хозяйства и разведения рыбы. На обвалованных пространствах, например, целесообразна организация нерестово-выростных хозяйств и рыбоводных заводов с использованием для нагула рыбы основной части водохранилища, а также выращивание риса, кормовых трав и других сельскохозяйственных культур.

В отдельных случаях наиболее крупные обвалованные водоемы могут использоваться как резервы для подпитывания основного водохранилища. Однако при этом сработка уровней воды в отсеченной части не должна быть значительной, чтобы не происходило ее обсыхания (при использовании в интересах рыбного хозяйства).

В целях перерегулирования некоторой части стока ниже основного гидроузла рекомендуется предусматривать устройство дополнительного водохранилища гораздо меньшего объема, которое сможет принимать энергетические попуски воды и использовать ее в дальнейшем для орошения, водного транспорта и рыбоводства.

Решение вопросов судоходства в нижнем бьефе при ограничении попусков из водохранилища может идти путем проведения работ по дноуглублению, строительства небольших разборных судоходных плотин, заглубления порогов шлюзных камер для обеспечения судоходства во время межени и т. д.

При перебоях в работе водозаборных сооружений, расположенных в нижних бьефах, целесообразно переносить их в водохранилище или же применять для них заглубленные конструкции оголовков. В ряде случаев более экономично от самотечной подачи воды переходить к подаче воды с помощью насосных установок.

С целью наибольшего оздоровления зоны водохранилища, особенно вблизи городов и населенных пунктов, следует проводить широкий комплекс мероприятий: обвалование и подсыпку пониженных мест, углубление прибрежной акватории, создание пляжей, строительство набережных, устройство парков и т. д.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что в дальнейшем целесообразно воздержаться от создания мелких и занимающих большую площадь водохранилищ и допускать их лишь в виде исключения при незначительных колебаниях уровня воды. Тем самым будет нанесен меньший ущерб природной среде.

## § 7. ПЕРЕБРОСКА СТОКА ИЗ ДРУГИХ БАССЕЙНОВ

По мере развития народного хозяйства все заметнее ощущается дефицит воды и в первую очередь в крупных промышленных районах: в Донбассе, на Урале, Центральном Казахстане и др. Удовлетворение потребностей за счет местных весьма ограниченных водных ресурсов не дает желаемых результатов, вследствие чего приходится осуществлять переброску стока на различные расстояния. Она может проводиться из одного речного бассейна в другой или же из реки в безводные районы. Примером первого вида переброски стока могут служить каналы и водоводы: канал им. Москвы, Арпа—оз. Севан, Ока—Москва, Каракумский канал и т. д. Следует отметить, что Каракумский канал, протяженность которого превышает 1000 км, подает воду из Амударьи не только в бассейны маловодных рек Мургаб и Теджен, но и в безводные районы г. Ашхабада и в расположенные к западу от него пункты. К переброскам стока второго вида относятся каналы Северский Донец—Донбасс, Днепр—Донбасс, Иртыш—Караганда и др.

Основная часть мероприятий по перераспределению речного стока осуществлена в южных районах страны, испытывающих наибольший дефицит воды. Примеры осуществленных перебросок стока приведены в табл. 16.

По приближенным данным (на 1974 г.), путем переброски стока ежегодно перераспределялось около 40 км<sup>3</sup>. В дальнейшем масштабы этих работ будут резко возрастать не только в связи с дефицитом воды, но и из-за ее большой стоимости в условиях бассейна, испытывающего водохозяйственные затруднения. Так, ориентировочные расчетные затраты на 1 м<sup>3</sup> воды для рек Терека, Кубани, Уфы, Москвы, Днестра, Амударьи, Сырдарьи, Тобола и некоторых других колеблются от 0,4 до 0,6 коп., в то время как для Печоры, Северной Двины, Оби, Енисея и Ангары они не превышают 0,03 коп.

Расчетные затраты, связанные с использованием водных ресурсов Сибири, в целом в 3—4 раза меньше по сравнению с условиями Волжско-Камского бассейна. Это имеет весьма важное

## Краткая характеристика некоторых водохозяйственных систем

Наименование канала	Источник водозабора	Объем переброски стока, км <sup>3</sup> /год	Длина трассы переброски, км	Назначение переброски
Невинномысский	р. Кубань	1,9	49	Орошение, обводнение
Донской магистральный	р. Дон (Цимлянское водохранилище)	1,0	112	То же
Терско-Кумский	р. Терек	2,7	150	»
Верхнеширванский	р. Кура (Мингечаурское водохранилище)	2,4	123	»
Верхнекарабахский	То же	3,6	172	»
Иртыш — Караганда	р. Иртыш	1,5	490	Водоснабжение

значение, особенно в связи с постепенным перемещением ряда отраслей промышленности в восточные районы страны.

При рассмотрении перспектив развития народного хозяйства нужно отметить, что дальнейшее удовлетворение интересов водопользователей в средних и южных районах европейской части СССР, республиках Средней Азии и Казахстане будет в основном происходить за счет переброски значительных объемов стока на большие расстояния. В соответствии с этим можно выделить четыре крупные водохозяйственные проблемы:

1) переброска части стока северных рек Печоры, Вычегды, Северной Двины в Волжско-Камский и Донской бассейны;

2) переброска части стока северо-западных и западных рек Онеги, Ловати, Западной Двины и других в бассейн Днепра, Днестра и некоторых других рек Украины и Молдавии;

3) переброска части стока сибирских рек Иртыша, Оби, а впоследствии Енисея в Казахстан и республики Средней Азии;

4) частичное использование стока р. Дуная для водообеспечения южных районов Украины и Молдавии.

воды; наиболее рационального использования перераспределяемых водных ресурсов; всемерного уменьшения потерь воды в пути; сельскохозяйственного освоения новых земель; проблемы народонаселения. Решению этих задач должны предшествовать длительные комплексные полевые и лабораторные исследования, многочисленные научные и проектные проработки.

Особое место в связи с этим занимают вопросы прогнозирования изменения природных условий и жизни населения под влиянием водохозяйственных мероприятий. Решение их следует осуществлять на основе богатого опыта выполненных мероприятий по перераспределению речного стока, а дальнейшее прогнозирование вести на базе широкого использования системного анализа.

## § 8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Подземные воды в отличие от поверхностных характеризуются высокой степенью зарегулированности и, как правило, хорошим качеством, что весьма важно при решении водохозяйственных проблем. Имеющиеся ресурсы пресных подземных вод используются в основном для питьевого и промышленного водоснабжения и лишь в незначительной части для орошения земель. В СССР за счет подземных горизонтов обеспечивается водой только около 2% всех орошаемых площадей, в то время как в Мексике — около 20, в Индии — 35 и в США — до 45%.

Опыт, накопленный в других странах, свидетельствует о том, что использование подземных вод для орошения достаточно экономично. Однако при заборе вод из подземных горизонтов нужно учитывать постоянное взаимодействие их с поверхностными водами. Так, в частности, изъятие грунтовых вод в речных долинах и горных районах, имеющих аллювиальные отложения, оказывает заметное воздействие на поверхностный сток, уменьшая водность рек.

тельной степени находят применение также подземные воды, выклинивающиеся в долинах рек некоторых республик Средней Азии.

Имеется ряд предложений, в которых высказывается настоятельная необходимость резкого расширения орошаемых площадей за счет использования запасов подземных вод. Однако осуществление этих предложений привело бы довольно быстро к истощению водоносности аллювиальных отложений и, может быть, к обеднению нижерасположенных водоносных горизонтов. Поэтому предварительно следует весьма тщательно и достаточно полно разведать общие ресурсы подземных вод с подразделением их на отдельные категории. При этом особое внимание должно быть уделено установлению режима каждого из разведанных горизонтов и взаимосвязи их между собой. Кроме того, весьма важна перспективная оценка запасов подземных вод речных долин с учетом расходуемой части поверхностного стока. Известное положительное влияние здесь будут оказывать создаваемые крупные водохранилища, позволяющие осуществлять многолетнее регулирование стока. Они должны подпитывать аллювиальные отложения, что увеличит возможности водозаборных сооружений.

С другой стороны, возведение ряда специальных объектов, разработка месторождений полезных ископаемых иногда приводят к обеднению водоносных горизонтов и нарушению их связи с поверхностными водами, например, глубокое водопонижение на территории Коршуновского горно-обогатительного комбината в Сибири или осушение железорудных месторождений Курской магнитной аномалии.

Следует детально также проанализировать режим работы действующих водозаборов, так как некоторые из них эксплуатируются недостаточно эффективно и в перспективе могут быть гораздо более производительными.

При рассмотрении перспектив водообеспечения особое внимание нужно уделять вопросу создания искусственных запасов подземных вод. Он может быть решен путем постоянного пополнения ресурсов эксплуатируемых водоносных горизонтов, что возможно осуществить за счет регулирования подземного и поверхностного стоков в пределах значительных территорий. Одновременно с этим большое значение имеют подземные резервуары, приуроченные к крупнопористым, трещиноватым, а иногда и к карстовым породам. Такие подземные водохранилища большого объема обнаружены под оз. Севан в Армении, в Туркмении, Казахстане и ряде других республик. В дальнейшем они будут использоваться для водообеспечения различных отраслей народного хозяйства.

По-видимому, при разработке перспективных планов водопользования ресурсы пресных подземных вод следует рассматривать в первую очередь для удовлетворения потребностей питье-

вого водоснабжения, имея в виду их высокое качество. Этому надо придавать значительно большее внимание, особенно в связи с прогрессирующим загрязнением поверхностных водотоков и водоемов, что характерно для всех стран мира. Нужно всегда помнить о том, что в будущем человечество не должно ощущать недостатка в чистой питьевой воде. Поэтому более широкому использованию запасов подземных вод для нужд промышленного водоснабжения и орошения должны предшествовать тщательно обоснованные научно-проектные проработки. Для удовлетворения этих нужд прежде всего следует рассмотреть возможность применения подземных вод с различным содержанием солей; этот вопрос будет решаться в связи с проблемой деминерализации соленых морских и океанских вод, имеющей первостепенное значение.

При удовлетворении запросов водопользователей в ряде орошаемых районов иногда используют так называемые возвратные воды. Происхождение их связано с просачиванием значительной части воды из каналов оросительных систем в нижерасположенные горизонты. Такие явления имеют место в ряде республик Средней Азии и Закавказья, при наличии грунтов с высокими фильтрационными свойствами в условиях неупорядоченного водопользования. В результате большие объемы воды просачиваются вглубь и стекают по отдельным водонепроницаемым слоям по направлению к речным долинам, где выклиниваются на поверхности склонов. При организованном водосборе эти возвратные воды можно вторично применить для орошения нижерасположенных участков или для других целей.

Значительный интерес представляет использование термальных вод. На глубине до 3000 м эти воды при температуре 40—250°С характеризуются среднесуточным расходом около 20 млн. м<sup>3</sup>. До 40% из них слабо минерализованы и обладают значительным напором, что позволяет их использовать для различных нужд.

Экономический потенциал обнаруженных термальных вод только в пределах Камчатки оценивается примерно в 1 млн. кВт, что открывает широкие возможности для развития энергетики. В этом отношении заслуживает внимания успешная эксплуатация Паужетской геотермальной электростанции, намечаемой к значительному расширению в будущем. Возможно строительство ряда новых установок, среди которых наиболее крупной будет геотермальная электростанция вблизи Петропавловска-Камчатского.

Весьма перспективно использование термальных вод при разработке месторождений полезных ископаемых в районах вечной мерзлоты. Рассматривается также целесообразность создания в глубоких скважинах подземных резервуаров для закачки в них холодной воды с последующим естественным нагревом ее до температуры, необходимой для производственных

целей. Это обеспечит круглосуточное снабжение предприятий горячей водой.

Все большее применение получают термальные воды при отоплении жилых и производственных помещений (Махачкала, Кизляр, Петропавловск-Камчатский и др.). Использование этих вод позволяет круглосуточно выращивать овощи в различных климатических зонах, а также создавать широкую сеть бальнеологических лечебниц, санаториев, банно-душевых установок и других оздоровительных учреждений. Содержание в термальных водах значительного количества ценных веществ в виде йода, брома, бора, цезия, стронция и других делает их ценными для химической промышленности.

## § 9. ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИЯ МОРСКИХ, ОКЕАНСКИХ И СОЛЕННЫХ ВОД

Вследствие возрастающего дефицита пресной воды в ряде районов СССР и многих стран мира все большее значение приобретают работы, связанные с опреснением соленых вод. По существующим нормам, использование воды для нужд коммунального водоснабжения допускается при содержании солей не более 1 г/л, а для промышленности и сельского хозяйства — не свыше 2 г/л. В то же время соленость морских и океанских вод намного выше — до 35 г/л.

Опреснение этих вод, в равной степени как и подземных засоленных источников, является весьма сложной проблемой, что связано прежде всего со значительными затратами средств. Несмотря на то что работы в области деминерализации проводятся давно, стоимость 1 м<sup>3</sup> опресненной воды в зависимости от особенностей установок составляет 0,3—4,5 руб., в то время как себестоимость обычной водопроводной воды не превышает 8 коп. Вследствие этого для некоторых районов, испытывающих дефицит пресной воды, пока более экономичным является доставка воды различными видами транспорта (Красноводск, Гасан-Кули, Кизыл-Атрек и др.).

Использование засоленных и соленых вод на территории Советского Союза необходимо прежде всего в зонах их распространения при отсутствии других источников обеспечения потребностей в пресной воде. К таковым относятся некоторые районы Средней Азии, Казахстана и Западной Сибири. Так, в Курганской области, Калмыцкой АССР, Туркмении и других местах разведаны запасы низкоминерализованных подземных вод (1—5 мг/л) с дебитом отдельных источников до 10 м<sup>3</sup>/с. Воды со слабой минерализацией уже используются для орошения отдельных сельскохозяйственных культур, а также для других нужд (Эстонская ССР, Ленинградская область, Узбекская ССР и т. д.). Однако при этом необходимы длительные наблюдения, позволяющие оценить влияние таких вод на почвы и растения.



В степных и полупустынных районах страны существенное значение имеет устройство небольших опреснительных установок для удовлетворения потребностей в воде местного населения и скотоводства. Для этого могут использоваться солнечные опреснители, вымораживание, дистилляция и другие способы. Целесообразно также применение атомных опреснительных установок сравнительно небольших мощностей, экономичность которых является достаточно оправданной.

Задачи водообеспечения крупных населенных пунктов промышленных центров, орошаемых массивов в безводных районах страны в дальнейшем возможно решать путем деминерализации морской воды. Для этого потребуется устройство крупных атомных опреснительных установок, себестоимость опреснения воды которыми не будет превышать стоимости подачи воды каналами или трубопроводами. Первая такая установка успешно функционирует на Каспийском море.

Проблема деминерализации морских и океанских вод решается во многих странах мира. От успешного решения ее в известной мере будет зависеть уровень водообеспечения населения, промышленности и сельского хозяйства в наиболее мало-водных районах земного шара.

## Глава 5. ОХРАНА ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

### § 1. СОВРЕМЕННОЕ САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОТОКОВ И ВОДОЕМОВ

Двадцатый век характеризуется весьма интенсивным развитием экономики большинства стран мира. Особенно это заметно в Советском Союзе, где объем промышленной продукции по сравнению с дореволюционным периодом возрос более чем в 80 раз. При этом условное водопотребление на одного жителя с учетом развития всех отраслей народного хозяйства составило в 1913 г. — 283, в 1940 г. — 412, в 1968 г. — 1050 м<sup>3</sup> в год (см. табл. 11). В обозримой перспективе этот показатель может превысить 1500 м<sup>3</sup>.

Примерно в такой же пропорции возрастают и объемы сточных вод, являющихся одной из основных причин загрязнения водоемов и водотоков. Появление новых отраслей промышленности со сложными технологическими процессами, широкое использование различных химических соединений в быту и на производстве существенно усложнили состав отработанных стоков. Сточные воды многих предприятий еще не являются достаточно изученными, в некоторых стоках содержатся загрязнения, не поддающиеся биологическому окислению, что пагубно влияет на флору и фауну водоемов и водотоков.

Загрязнение водных ресурсов в значительной мере обусловлено дальнейшей интенсификацией сельскохозяйственного производства, развитием всех видов транспорта и бурным ростом городов.

В результате всего этого многие реки, озера и водохранилища находятся в сильно загрязненном состоянии, что затрудняет их использование для промышленного водоснабжения, а в ряде случаев представляет серьезную угрозу для здоровья населения. Отмеченные обстоятельства обуславливают значительные затруднения с водообеспечением нужд городов и промышленности, которое испытывают во многих районах США, ФРГ, Франции, Англии, Бельгии и других государств.

Одна из крупнейших рек мира — Миссисипи в районе г. Сент-Луиса (штат Миссури) загрязнена настолько, что в ней происходит массовая гибель рыбы и водоплавающей птицы. Концентрация вредных соединений в речной воде так высока,

что даже небольшое количество ее, попав на кожу человека, может вызвать тяжелые заболевания. Примерно в таком же состоянии находится и р. Потомак, на берегах которой расположен г. Вашингтон.

Химические, металлургические, автомобильные и другие предприятия концернов, расположенные в ФРГ по берегам р. Рейна, ежегодно спускают в него десятки тысяч тонн химикатов. Несмотря на наличие довольно совершенных очистных сооружений, рейнскую воду небезопасно использовать не только для водоснабжения, но и просто для купания. В реке, особенно в летний период, происходит массовая гибель рыбы. Это связано с уменьшением расходов воды и увеличением концентрации загрязнений. Примерно такие же явления наблюдаются в бассейнах многих западноевропейских рек.

По данным ЮНЕСКО на 1971 г., реки всего мира ежегодно выносили в мировой океан 320 млн. т железа, 2,3 млн. т свинца, 6,5 млн. т фосфора. Многие из ядовитых веществ сохраняются при этом долгое время, что пагубно влияет на здоровье людей, а также на растительность и живые организмы морей и океанов.

Существенное значение имеет загрязнение атмосферы, которое во многих промышленных районах уже превысило предельный допустимый уровень. Содержащиеся в промышленных выбросах твердые частицы перемещаются воздушными потоками на большие расстояния и выпадают на водную или земную поверхность. Таким образом, вредное влияние некоторых промышленных районов распространяется на многие сотни километров. Установлено, что примерно половина пестицидов, находящихся в мировом океане, попала из воздуха.

В Советском Союзе также наблюдается загрязнение рек и водоемов. Это характерно для густонаселенных и промышленных районов страны, к которым в первую очередь относятся бассейны рек Волги, Урала, Днепра, Дона, Иртыша. По данным 1965 г., в Волгу ежегодно сбрасывалось около 10 км<sup>3</sup> сточных вод, среди которых особый ущерб причиняли стоки предприятий нефтеперерабатывающей промышленности. В связи с этим большое значение имели правительственные постановления по предотвращению загрязнения бассейнов Волги, Урала, Невы и других рек неочищенными сточными водами. Только за период с 1967 по 1972 гг. в бассейнах Волги и Камы было построено свыше 700 комплексов очистных сооружений и обезвреживающих устройств. Это дало возможность значительно уменьшить сброс загрязненных веществ, который к 1980 г. должен быть полностью прекращен. Аналогичные постановления были приняты по охране оз. Байкала, Каспийского моря и некоторых других водоемов.

Особое место занимает постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении

использования природных ресурсов», принятое в декабре 1972 г. В этом весьма важном документе большое внимание уделено единому комплексу мероприятий, включающему в себя охрану вод, земли и атмосферы. Такой строго научный подход полностью отвечает особенностям мирового и внутриматерикового влагооборотов в природе.

В числе ряда конкретных мероприятий данного постановления весьма важны следующие:

1) создание единой системы государственного учета вод и их использования по количественным и качественным показателям;

2) организация общегосударственной службы наблюдений и контроля за загрязнением внешней среды (в том числе и природных вод);

3) создание единой системы сбора, хранения, поиска и обработки информации о качестве воды.

## § 2. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

Процессы загрязнения природных поверхностных и подземных вод являются весьма сложными и обусловлены различными факторами. К основным из них относятся: 1) промышленные сточные воды; 2) коммунальные сточные воды; 3) минеральные удобрения и ядохимикаты.

Наибольший вред водоемам и водотокам причиняет выпуск в них неочищенных или плохоочищенных промышленных сточных вод, объемы которых по сравнению с коммунальными стоками весьма значительны. Основными загрязнителями природных вод являются такие отрасли промышленности, как нефтеперерабатывающая, химическая, мыловаренная, целлюлозно-бумажная, текстильная и др. Объемы и состав промышленных стоков зависят от производственной мощности каждого предприятия и принятой на нем технологии.

В связи со значительным развитием тепловой и атомной энергетики особое значение приобретает так называемое тепловое загрязнение. При выпуске теплых вод от электростанций и других энергетических установок происходит нарушение термического, гидрохимического и гидробиологического режимов в водоемах и водотоках.

К числу загрязнителей природных вод следует также отнести водный транспорт, лесосплав и сопутствующие ему работы, отвалы горных разработок и др.

К коммунальным сточным водам относятся прежде всего фекальные стоки как организованные и сосредоточенные, так и неорганизованные и рассредоточенные (в местах отсутствия канализационных систем). Кроме того, существенную роль играют ливневые стоки, концентрация загрязнений в ко-

торых, особенно в начальный период, может достигать весьма больших величин. При затяжных дождях объемы стекающих с поверхности загрязненных вод могут существенно превышать соответствующие объемы фекальных стоков.

В условиях дальнейшей интенсификации сельскохозяйственного производства все большее значение уделяется внесению удобрений и использованию различных пестицидов. За двадцатилетний период, начиная с 1950 г., производство (а соответственно и использование) минеральных удобрений в СССР увеличилось в 10 раз и в 1970 г. составило 55,4 млн. т. Исходя из необходимости повышения урожайности и увеличения объема сельскохозяйственной продукции, это следует признать закономерным. Однако при внесении удобрений и особенно при использовании ядохимикатов не всегда учитывается отрицательное влияние их на качество воды в водоемах и водотоках. В результате смыва удобрений по поверхности в водотоки и при просачивании солевых растворов в нижерасположенные слои грунтов происходит загрязнение поверхностных вод и водоносных горизонтов.

Эти явления особенно характерны для районов орошаемого земледелия при наличии распаханых водосборов. Если оценка количества и состава сточных промышленных и коммунальных вод, а соответственно и степень загрязнения ими производится с достаточной точностью, то влияние минеральных удобрений и ядохимикатов, применяемых в сельском хозяйстве, на качество природных вод практически еще не изучено. Загрязнение может явиться следствием смыва почвенного покрова, а иногда и нижерасположенных слоев грунта в водоемы и водотоки. Оно происходит в результате водной эрозии, оползневых явлений, при разрушении или переработке берегов рек и водохранилищ. В ряде случаев существенное значение могут иметь наводнения и сопутствующие им затопления больших территорий, с которых смываются различные вредные соединения.

При создании водохранилищ и затоплении обширных площадей, значительная часть которых была покрыта мощным гумусовым слоем, наблюдается появление ядовитых сине-зеленых водорослей, что часто называют цветением воды. Эти процессы активизируются при наличии мелководий при выпуске в водохранилище плохоочищенных или теплых сточных вод, а также при стекании в них с прилегающих водосборов растворенных удобрений и ядохимикатов.

### **§ 3. ВЛИЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ВОД В ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ**

Все загрязняющие вещества, поступающие в природные воды, вызывают в них различные качественные изменения, которые могут проявляться в следующем виде:

1) изменение физических свойств воды (нарушение первоначальной прозрачности и окраски, появление неприятных запахов и привкусов и т. п.);

2) изменение химического состава воды, в частности появление в ней вредных веществ;

3) плавающие образования на поверхности воды и отложения на дне;

4) сокращение в воде количества растворенного кислорода вследствие расхода его на окисление поступающих в водоем органических веществ загрязнения;

5) появление новых бактерий, в том числе и болезнетворных.

Загрязнение природных вод приводит к тому, что они оказываются непригодными для питья, купания, водного спорта, а иногда и для технических нужд. Особенно пагубно оно влияет на рыб, водоплавающих птиц, животных и другие организмы, которые заболевают и гибнут в значительных количествах.

Все загрязняющие вещества, поступающие в водоемы и водотоки, можно разделить на минеральные, органические, бактериальные и биологические.

Минеральные загрязнения включают в себя песок, глину, шлак, различные руды, растворы минеральных солей, кислот и щелочей, минеральные масла и другие вещества. Все эти компоненты содержатся в сточных водах машиностроительных, металлургических, нефтяных, нефтеперерабатывающих, строительных, горнодобывающих и других производств.

Органические загрязнения могут быть растительного и животного происхождения. К первым из них относятся остатки растений, плодов, овощей, бумаги и т. п. Все они характеризуются повышенным содержанием углерода. В состав загрязнений животного происхождения входят физиологические выделения, остатки мускульных и жировых тканей, клеевые вещества. В них имеется большое количество азота. Перечисленные составляющие содержатся в городских коммунальных стоках, в сточных водах целлюлозно-бумажных, мыловаренных, кожевенных, мясоперерабатывающих, пищевых и других предприятий.

Бактериальные и биологические загрязнения представлены различными микроорганизмами в виде дрожжевых и плесневых грибков, мелких водорослей и бактерий. Практически по своему химическому составу эти загрязнения можно отнести к органическим, однако ввиду особой значимости их выделяют в самостоятельную группу.

Соотношение между минеральными и органическими составляющими в сточных водах зависит от многих причин, в том числе от масштабов и специфики промышленных предприятий, населенных пунктов, особенностей канализации и т. д.

Для выяснения состава загрязнений в определенных местах производится систематический отбор проб воды с последую-

щими химическими анализами ее. Наблюдения на водном объекте ведутся на нескольких створах, расположенных выше и ниже источников загрязнения, на разных расстояниях от них.

Одной из основных характеристик сточных вод является концентрация загрязнений, т. е. количество загрязнений в единице объема воды, выражаемое в мг/л или г/м<sup>3</sup>.

Наибольшая концентрация загрязнений коммунальных стоков обычно наблюдается вечером и утром, а минимальная — в ночной период; промышленные сточные воды характеризуются достаточно равномерной концентрацией в течение рабочего дня, исключая предприятия, технология которых требует так называемых «залповых» выпусков. В последнем случае концентрация резко изменяется.

Весьма неблагоприятное воздействие на поверхностные и подземные воды оказывает нефть и ее производные. Примерно в 80% всех проб воды, взятых для химического анализа, наблюдается загрязнение нефтепродуктами, которые не только образуют на поверхности рек и водоемов пленки, но и отложения на дне. Даже незначительное содержание нефти (0,2—0,4 мг/л) сопровождается появлением специфического запаха, который не исчезает после хлорирования и фильтрования воды. Присутствие нефтепродуктов особенно пагубно влияет на рыб, вызывая их массовые заболевания и гибель. Содержание нефти в воде выше 0,1 мг/л придает мясу рыб неустранимый ни при каких технологических обработках привкус и специфический запах.

Большую опасность представляют фенольные соединения, содержащиеся в сточных водах предприятий лесохимической, коксохимической, сланцевой, анилинокрасочной промышленности, а также различных заводов химической обработки сельскохозяйственного сырья. Обладая сильными антисептическими свойствами, фенольные воды нарушают биологические процессы в воде, придавая ей резкий, неприятный запах и ухудшая условия воспроизводства рыб.

Весьма неблагоприятное воздействие на водоемы и водотоки оказывают сточные воды, содержащие значительное количество цинка и меди, что характерно для предприятий электрохимической промышленности и рудообогатительных фабрик, предприятий по производству ядохимикатов, а также для шахтных и рудничных вод и сточных коммунальных вод.

В последние годы отмечается загрязнение природных вод так называемыми синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ), которые содержатся в сточных водах некоторых производств. Влияние СПАВ проявляется в увеличении в воде привкусов и запахов, образования стойких скоплений пены и ухудшении биохимической очистительной способности воды. Уже при небольших концентрациях СПАВ в воде прекращается рост водорослей и другой растительности.



Выпуск теплых вод от различных энергетических установок вызывает интенсификацию испарения и сопровождается увеличением минерализации воды. При этом наблюдается обогащение воды карбонатом кальция. Одновременно происходит накопление органического вещества с последующим его разложением, что и обуславливает общее возрастание минерализации воды. Следствием этих процессов является уменьшение растворенного кислорода в воде, что отрицательно сказывается на растительности и живых организмах. Совокупность перечисленных обстоятельств вызывает также интенсивный рост минеральных и органических отложений на внутренней поверхности трубопроводов и различной теплообменной аппаратуры и усиление их коррозии.

Значительный ущерб водотокам причиняют молевой сплав леса и древесные отходы в виде опилок, коры и пр. Помимо непосредственного повреждения рыб и их нерестилищ бревнами, сучьями и ветками, происходит выделение смолы и других вредных соединений. Эти продукты медленно разлагаются в воде, поглощая кислород и вызывая гибель как рыб, так и их икринок.

Наибольшую опасность для природных вод, здоровья людей, животных и рыб представляют различные радиоактивные отходы. Поэтому в настоящее время все сточные воды с радиоактивностью свыше 100 кюри/л сливаются в специальные подземные резервуары или закачиваются в глубокие подземные бессточные бассейны. Кроме того, применяется обезвреживание с последующим изготовлением «блоков» и их захоронением в контролируемых местах.

Однако эти способы не являются достаточно совершенными, в связи с чем в большинстве стран мира идет поиск более действенных методов уменьшения радиоактивных загрязнений воды. В организмах растений, рыб и животных происходят процессы биологической концентрации радиоактивных веществ. Мелкие организмы, содержащие эти вещества в небольших дозах, поглощаются более крупными, в которых возникают уже опасные концентрации. Именно поэтому отдельные пресноводные рыбы в несколько тысяч раз радиоактивнее водной среды, в которой они обитают.

Не останавливаясь на вредном влиянии большого числа других источников загрязнения на режим природных вод, отметим, что для водоемов и водотоков, используемых для водоснабжения населения и пищевых предприятий, купания, спорта и отдыха, определены показатели предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ. Они получены исходя из сохранения жизнедеятельности наиболее чувствительных организмов.

В настоящее время для указанных водных объектов установлены значения ПДК выше чем для 300 вредных веществ,

перечень которых непрерывно расширяется, а нормируемые значения ПДК уточняются. Для рыбохозяйственных водоемов и водотоков нормируется содержание примерно 60 вредных веществ.

#### § 4. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ

Каждый вид водопользования предъявляет определенные требования к качеству воды. Оценка пригодности воды для различных нужд производится по ее физическим, химическим и биологическим показателям.

Наиболее разнообразны требования к воде, используемой для промышленности. Они определяются спецификой отдельных производств и непрерывно усложняющейся технологией многих из них. В целом можно считать, что потребляемая вода не должна вызывать ухудшение качества продукции и развитие коррозии или различных солевых отложений в аппаратуре, трубопроводах и отдельных сооружениях. Недопустимо применение воды, представляющей опасность для здоровья работающего персонала или могущей создать аварийную производственную обстановку. Для некоторых технологических процессов требуется вода со значительно меньшим содержанием примесей по сравнению с водой, используемой в питьевых целях.

Вода, забираемая для орошения, должна быть безвредной для растений, не должна вызывать засоления почвы и ухудшать качество урожая.

Требования к качеству вод, используемых для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых нужд, лимитированы Министерством здравоохранения СССР специальным документом «Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» (Н 372—61). В этих Правилах водоемы и водотоки разделяются на две категории. Первая из них объединяет водоемы и водотоки или отдельные их участки, используемые для питьевого водоснабжения и обеспечения предприятий пищевой промышленности. Ко второй категории относятся участки, предназначенные для купания, спорта и отдыха населения, а также водоемы и водотоки, расположенные в населенных пунктах.

Основные требования к качеству воды:

1) количество растворенного кислорода в воде после смешения с ней сточных вод не должно быть меньше 4 мг/л в любой период года в пробе, взятой до 12 ч дня;

2) биохимическая потребность в кислороде — БПК (количество кислорода, потребляемое на биохимическое окисление органических веществ) при 20°С не должна превышать 3 и 6 мг/л для водоемов и водотоков соответственно первой и второй категорий;

3) содержание взвешенных веществ в воде после спуска стоков не может увеличиваться более чем на 0,25 и 0,75 мг/л для

водоемов и водотоков соответственно первой и второй категорий;

4) вода не должна иметь запахов и привкусов интенсивностью свыше 2 баллов. Кроме того, она не должна придавать посторонний запах и привкус мясу рыб;

5) после смешения вод водоема или водотока с промышленными и коммунальными стоками кислотность должна находиться в пределах  $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$ ;

6) окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой 20 и 10 см соответственно для водоемов и водотоков первой и второй категорий;

7) не допускается содержание ядовитых веществ в концентрациях, могущих оказать вредное воздействие на людей и животных;

8) на поверхности водоема не должно быть плавающих примесей (пленок, пятен минеральных масел и др.);

9) не допускается наличие возбудителей заболеваний (сточные воды, содержащие болезнетворные бактерии, подвергаются обеззараживанию после предварительной очистки);

10) повышение температуры в водоеме или водотоке при выпуске в него различных стоков допускается не более чем на  $3^{\circ}\text{C}$  (по сравнению с максимальной температурой воды в летний период времени);

11) минеральный осадок не должен быть более 1000 мг/л, в том числе хлоридов — 350 и сульфатов — 500 мг/л.

Более высокие требования предъявляют к водотокам и водоемам, используемым для обитания и искусственного разведения рыб. В частности, не разрешается выпуск сточных вод на участках массового нереста и нагула рыб. Величина БПК при  $20^{\circ}\text{C}$  не должна превышать 2 мг/л. Особое внимание обращается на недопустимость загрязнения ядовитыми веществами.

По литературным данным (А. И. Жуков и др.), предельно допустимая концентрация некоторых вредных веществ для таких водоемов не должна превышать следующих значений (в мг/л):

магний . . . . .	50
соли аммония . . . . .	5
сероуглерод . . . . .	1
аммиак, свинец . . . . .	0,1
медь, никель, цинк . . . . .	0,01
фенолы . . . . .	0,001
сульфиды, хлор (свободный) . . . . .	0

Эти нормативы являются довольно приближенными, ибо условия для нормального обитания и воспроизводства рыб зависят от их вида, возраста и количества, а также от сочетания концентраций различных вредных соединений, содержащихся в воде.

Во всех случаях категорически запрещается спускать в канализацию и водоемы пульпу, осадки и различные остатки, образующиеся при обезвреживании радиоактивных сточных вод, а также высокоактивных жидких отходов.

Выпуск в водоемы и водотоки сточных вод, содержащих радиоактивные вещества (за исключением рыбохозяйственных водоемов и сообщающихся с ними других), производится в строгом соответствии со специальными правилами. При этом предельно допустимые концентрации некоторых веществ должны быть не более: тритий —  $3 \cdot 10^{-7}$ ; кобальт 60 —  $1 \cdot 10^{-8}$ ; ванадий 48 —  $8 \cdot 10^{-9}$ ; стронций 90 —  $3 \cdot 10^{-11}$  кюри/л.

Как правило, перед выпуском в водоемы и водотоки сточные воды подвергаются очистке, чтобы не оказывать на качество воды в них вредного воздействия. Степень необходимой очистки устанавливается в каждом конкретном случае в зависимости от перечисленных ранее требований, предъявляемых к качеству воды. Величина концентрации загрязнения, которую следует обеспечить после очистки и обеззараживания сточных вод, может быть установлена из соотношения

$$C_1 \leq \frac{\alpha Q}{q} (C_2 - C_3), \quad (13)$$

где  $C_1$  — концентрация загрязнения сточных вод (не превышающая допускаемых норм);

$C_2$  — наибольшая допускаемая концентрация загрязнения в водоеме или водотоке;

$C_3$  — концентрация загрязнения в водоеме или водотоке выше месторасположения данного канализационного выпуска;

$Q$  — расход водотока;

$q$  — расход канализационного выпуска;

$\alpha$  — коэффициент обеспеченности смешения, характеризующий долю расчетного расхода  $Q$ , которая может быть использована для разбавления сточных вод.

Величины  $q$ ,  $Q$  и  $\alpha$  устанавливаются на основании проектных данных, значения  $C_2$  и  $C_3$  принимаются по имеющимся рекомендациям, а при отсутствии таковых — на основании специально проведенных исследований.

Выбор мест расположения канализационных выпусков и увязка их с пунктами водопользования в каждом конкретном случае решаются представителями Государственного санитарного надзора с обязательным учетом перспективы комплексного использования и охраны данного водоема или водотока в интересах различных водопользователей.

## § 5. САМООЧИЩЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД

Одним из наиболее важных и ценных свойств природных вод является их способность к самоочищению. При загрязнении водоемов и водотоков различными стоками на некотором рас-

стоянии от канализационных выпусков происходит полное перемешивание загрязненной воды со всей водной массой, сопровождающееся минерализацией внесенных органических веществ и гибелью бактерий. Процессы самоочищения обусловлены совокупностью действия многих факторов, к числу которых относятся солнечная радиация, деятельность микроорганизмов и водной растительности. Наблюдениями установлено, что эти процессы интенсифицируются летом и замедляются в зимний период времени.

Самоочищение загрязненных вод может происходить лишь при условии многократного их разбавления чистой водой (на 1 м<sup>3</sup> стоков требуется не менее 7—12 м<sup>3</sup> чистой воды). При смешении имеют место процессы турбулентной диффузии, окисления, сорбции, адсорбции и другие явления, также способствующие улучшению качества воды.

Процессы разбавления сточных жидкостей свежей водой, обуславливающие самоочищение природных вод, подлежат строгому учету. Это необходимо для обоснованного размещения новых водопользователей в пределах отдельных районов с учетом существующих и проектируемых канализационных выпусков. Такой контроль дает также возможность установить предельно допустимую нагрузку загрязнений на отдельных участках водоемов и водотоков.

Выявление закономерностей процессов загрязнения и самоочищения и основных факторов превращения загрязняющих веществ позволит прогнозировать изменение качества воды под влиянием хозяйственной деятельности человека, что весьма важно при планировании комплексного использования водных ресурсов на перспективу.

Для изучения закономерностей процессов самоочищения, определяемых индивидуальными особенностями водоемов и водотоков, необходимо наличие исчерпывающей характеристики каждого из них (гидрографической, гидрологической, гидрохимической и гидробиологической), а также характеристики источников загрязнения (расход, состав и свойства сточных вод, продолжительность и объемы сброса). Наличие этих данных позволяет выполнять комплексные полевые и лабораторные исследования по установлению роли различных факторов, определяющих интенсивность самоочищения на отдельных участках водоема и водотока. К числу этих факторов относятся: температура воды, аэрация, кислотность, биохимическое окисление, анаэробное разложение в донных образованиях, процессы сорбции, солнечная радиация и т. д. В результате этих исследований выявляют значение каждого из указанных факторов, с тем чтобы в последующем количественно оценить влияние наиболее важных из них.

Изучение вопросов самоочищения ведется по следующим основным направлениям:

1) разработка методики расчета смешения и разбавления загрязнений, поступающих в водоемы и водотоки, в различных условиях;

2) выявление роли микроорганизмов в самоочищении природных вод;

3) исследование превращений загрязняющих веществ в воде и донных отложениях (в ряде случаев процессы загнивания донных отложений могут вызывать вторичное загрязнение воды).

Как уже отмечалось ранее, разбавление загрязняющих стоков требует довольно значительных объемов чистой воды, что не всегда может быть обеспечено. Особо это заметно во многих густонаселенных и промышленных районах с ограниченными водными ресурсами. В этих случаях вместо разбавления промышленных и коммунальных стоков следует переходить к замкнутым системам водоснабжения и устройству коллекторов большой протяженности для отвода загрязненных вод в бассейны других более многоводных рек.

В заключение нужно отметить, что разбавление стоков перед их сбросом в водоприемники уменьшает концентрацию растворенных веществ, но не сокращает их количество, которое при неблагоприятном сочетании ряда естественных и искусственных факторов может возрастать, резко ухудшая санитарное состояние водоема или водотока. Поэтому в перспективе должны очищаться все сточные воды с извлечением из них почти всех содержащихся загрязняющих веществ.

## § 6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

К основным средствам борьбы с загрязнением природных вод относятся:

1) очистка промышленных и коммунальных стоков;

2) мелиоративные мероприятия;

3) сокращение загрязнения атмосферы;

4) улучшение разработки и использование природных ресурсов.

Ввиду того что свыше 95% всей воды, расходуемой для снабжения промышленности и населения, сбрасывается обратно в водоемы и водотоки в загрязненном виде, особое значение имеет очистка сточных вод. В настоящее время существуют следующие способы очистки: механическая, физико-химическая, химическая и биохимическая.

Механическая очистка служит для отделения нерастворенных веществ, что обеспечивается за счет процеживания, отстаивания, фильтрования и центрифугирования (рис. 31).

Процеживание сточных вод позволяет задерживать сравнительно крупные частицы (более 15—20 мм). Для этой цели ис-



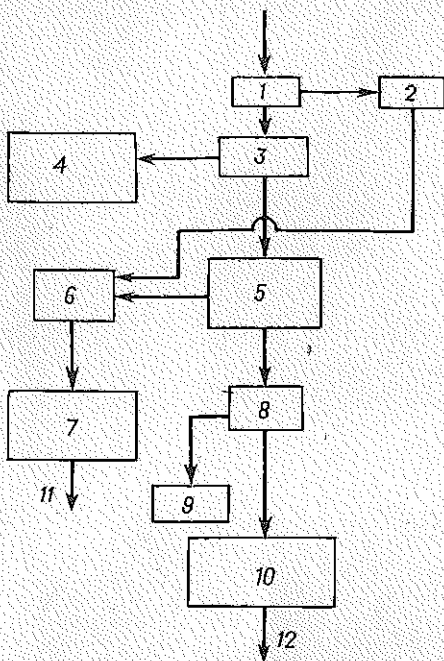
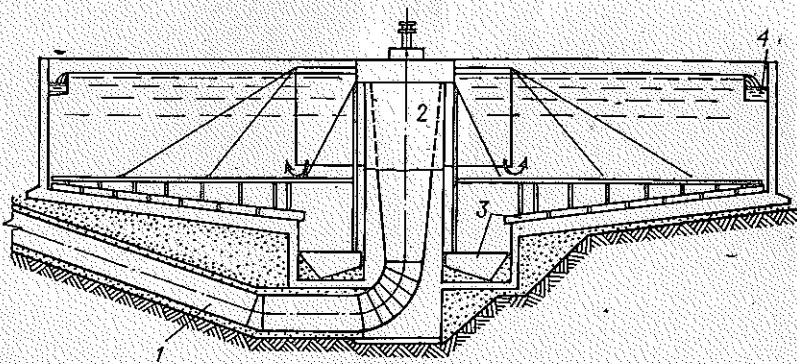


Рис. 31. Принципиальная схема очистных сооружений для механической очистки сточных вод

1 — решетка; 2 — дробилка; 3 — песколовка; 4 — песочная площадка; 5 — отстойник; 6 — метантенк; 7 — иловые площадки; 8 — смеситель; 9 — хлораторная; 10 — контактный резервуар; 11 — утилизация осадков для удобрений; 12 — выпуск в водоем

Рис. 32. Схема радиального отстойника

1 — подводящая труба; 2 — центральное распределительное устройство; 3 — скребки для удаления осадка; 4 — желоб для сбора осветленной воды



пользуются разнообразными решетками и сетками. Решетки могут быть неподвижными, подвижными и совмещенными со специальными дробилками.

Отстаивание применяется для выделения минеральных и органических веществ, плотность которых может быть больше или меньше плотности воды. Для осаждения более тяжелых частиц, в основном минерального происхождения, служат песколовки. Обычно они предусматриваются при объеме сточных вод свыше  $100 \text{ м}^3$  в сутки. Как правило, эти устройства задерживают песок с диаметром зерен более  $0,25 \text{ мм}$ . Осевший на



дно песок перемещается с помощью скребков в специальный бункер, откуда гидроэлеватором удаляется для обезвреживания.

Для выделения нерастворенных органических и минеральных веществ преимущественно используются отстойники, которые разделяются на первичные и вторичные. Первичные располагаются перед сооружениями для биологической очистки воды, а вторичные устраиваются для осветления сточных вод, прошедших биологическую очистку. По режиму работы отстойники могут быть периодического или непрерывного действия (рис. 32). Продолжительность отстаивания сточных вод обычно не превышает 1—1,5 ч, при этом сточные воды перед выпуском их на полную очистку не должны содержать взвешенных веществ более 150 мг/л (перед аэротенками) и 100 мг/л (перед биофильтрами).

Для задержки различных веществ, плавающих на поверхности сточных вод (масел, жиров, нефти, смол и т. д.), служат различные сооружения: маслоуловители, жироловки, нефтеловушки и смолоуловители.

Во многих случаях сточные воды содержат мельчайшие частички, находящиеся во взвешенном состоянии, называемые суспензиями. Для их задержки прибегают к фильтрованию вод через специальные сетки или песчано-гравийные и шлаковые фильтры.

Очистку сточных вод от механических примесей можно осуществить и с помощью гидроциклона, в котором очищаемой жидкости придается вращательное движение, при этом под действием центробежных сил из нее выделяются частицы взвеси.

Однако механическая очистка как таковая применяется только в тех случаях, когда сточные воды после пропуска их через упомянутые выше устройства могут быть либо использованы для нужд производства, либо по своим показателям выпущены в водоем. Наряду с этим механическая очистка проводится и как предварительная при использовании других способов очистки.

Химические и физико-химические способы применяются для очистки производственных сточных вод от коллоидных и растворенных веществ загрязнения.

К основным химическим способам очистки относятся: коагулирование с введением в сточные воды веществ-коагулянтов, способствующих ускорению выделения из них нерастворенного и части растворенного вещества загрязнения; нейтрализация с введением в сточные воды веществ с кислотой или щелочной реакцией с целью обеспечения в них рН в пределах 6,5—8,5.

При физико-химической очистке используются следующие методы:

**сорбция** — способность некоторых веществ поглощать или концентрировать выделение на своей поверхности вещества загрязнения, находящиеся в сточных водах;

**экстракция** — введение в сточные воды вещества, не смешивающегося с ними, но способного растворять находящиеся в них загрязнения;

**флотация**, заключающаяся в пропуске через сточную воду воздуха, пузырьки которого при движении вверх захватывают вещества загрязнения;

**эвапорация** — пропуск через нагретую сточную воду водяного пара;

**ионный метод**, обеспечивающий при фильтровании сточных вод через ионообменный материал осаждение вещества загрязнения;

**электрохимический метод**, состоящий в электрохимическом окислении вещества загрязнения на аноде при электролизе сточных вод.

**Биохимическая очистка** базируется на способности некоторых микроорганизмов использовать для своего развития органические вещества, содержащиеся в сточных водах в коллоидном и растворенном состоянии. Этот способ применяется после того, как сточная вода очищена от минеральных и нерастворимых органических веществ. Он позволяет почти полностью удалить загрязнения органического происхождения. Биохимическая очистка производится в естественных условиях — на полях орошения, полях фильтрации или в биологических прудах, а также в искусственных условиях — в биологических фильтрах и аэротенках (рис. 33).

В первом случае используется самоочищающая способность почвы при фильтрации через нее

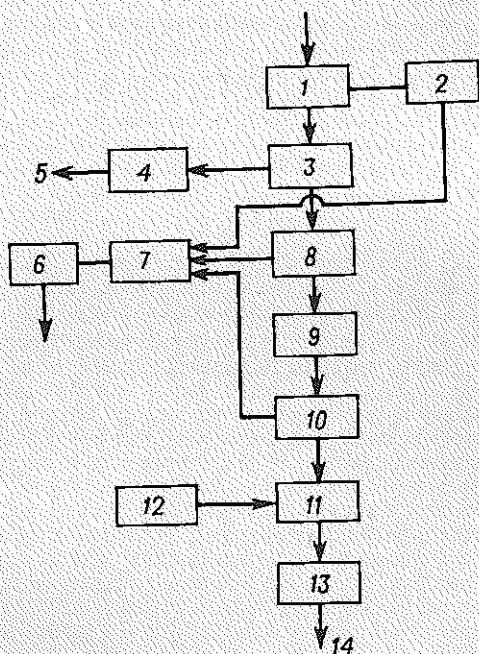


Рис. 33. Принципиальная схема очистных сооружений для биохимической очистки сточных вод в аэротенках

1 — решетка; 2 — дробилка; 3 — песколовка; 4 — песковая площадка; 5 — на планировку; 6 — иловые площадки; 7 — метантенк; 8 — первичный отстойник; 9 — аэротенк; 10 — вторичный отстойник; 11 — смеситель; 12 — хлораторная; 13 — контактный резервуар; 14 — выпуск

сточных вод. Поля орошения представляют собой специальные площади, на которых происходит очистка сточных вод, совмещенная с возделыванием различных сельскохозяйственных культур. При отсутствии последних эти площади называются полями фильтрации.

Использование сточных вод, содержащих, как правило, большое количество питательных веществ, для орошения сельскохозяйственных угодий нашло довольно широкое применение. Сточные воды попадают на такие участки самотеком или по трубам под небольшим напором. Поступление воды в почву происходит либо с ее поверхности, либо из труб, проложенных на небольшой глубине. Практика показала, что многие опасные бактерии, содержащиеся в сточных водах, при попадании в почву погибают довольно быстро.

С целью ограждения организма человека от возможного попадания яиц различных паразитных червей, содержащихся главным образом в фекальных стоках, производят предварительное отстаивание сточных вод перед выпуском на поля орошения, а осадок подвергают брожению при температуре 50—55° С, в результате чего он обезвреживается. Несмотря на это при употреблении в пищу овощей с таких полей должны соблюдаться меры предосторожности.

Наиболее благоприятными для орошения сточными водами являются участки с песчаными и супесчаными грунтами при уклонах поверхности не более 0,02. Желательно, чтобы уровень грунтовых вод находился на глубине не менее 1,0—1,5 м от поверхности земли и были обеспечены условия естественного или искусственного дренирования территории. Это связано с необходимостью отвода значительных объемов сточных вод, профильтровавшихся через верхние слои почвогрунтов. Так, например, нормы нагрузки этими водами на поля орошения при среднегодовом количестве атмосферных осадков 300—500 мм колеблются в зависимости от водно-физических свойств почвогрунтов, климатических условий, вида выращиваемых культур, состава сточных вод и др. от 20 до 80 м<sup>3</sup>/га в сутки.

В качестве биологических прудов используются искусственные водоемы глубиной 0,5—1,5 м, в которых при участии низшей водной растительности, представленной водорослями, происходят процессы самоочищения сточных вод, заключающиеся в минерализации органических веществ и отмирании бактерий. Этот метод очистки предусматривает расположение прудов в несколько секций, от двух до пяти прудов в каждой, вода поступает в них последовательно по мере ее очистки. Для более равномерного распределения сточной воды по акватории прудов выпуск и выпуск воды из них устраивают рассредоточенными. Площадь прудов — от 0,5 до 1 га.

Эта система очистки наиболее эффективна в теплое время года, когда происходит интенсивное проникновение в воду кис-

лорода воздуха, что заметно активизирует процессы разложения. При температуре воды менее  $6^{\circ}\text{C}$  условия эксплуатации прудов ухудшаются, а в зимнее время при замерзании действие их прекращается. Поэтому применение биологических прудов целесообразно в зоне со среднегодовой температурой воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$ .

В зависимости от концентрации загрязнений отстоенных сточных вод и температуры суточная нагрузка системы очистки составляет  $100\text{--}300\text{ м}^3/\text{га}$ , а для биологически очищенных вод — от  $4000$  до  $5000\text{ м}^3/\text{га}$ . В ряде случаев биологические пруды используют для рыбоводства. Для этого предварительно отстоенные воды необходимо разбавлять чистой водой в пропорции  $1:3\text{--}1:5$ .

В то же время для некоторых видов высшей водной растительности определенные вещества загрязнения, и в частности, содержащие нефтепродукты, являются питательной средой. Поэтому такие растения, как камыш озерный, тростник обыкновенный, специально культивируют на мелководьях и заводях в районе выпуска неочищенных сточных вод.

Биологические фильтры представляют собой резервуары, в которых сточные воды фильтруются через крупнозернистую среду (гравий, крупнозернистый песок, шлак и т. д.). В плане биофильтры могут иметь форму круга, квадрата, прямоугольника или восьмиугольника (рис. 34). Поступление сточных вод в эти сооружения происходит равномерно по всей поверхности. Имеющиеся внизу дренажные устройства отводят очищенную воду во вторичные отстойники. На протяжении всего процесса фильтрации в биофильтр поступает воздух, который ускоряет процессы окисления органических веществ.

Интенсивность биофильтров по сравнению с полями орошения или полями фильтрации значительно выше. Биофильтры характеризуются сравнительно малой нагрузкой, не превышающей  $0,5\text{--}1,0\text{ м}^3$  сточных вод на  $1\text{ м}^3$  фильтра. Объем фильтрующей засыпки устанавливают по окислительной мощ-

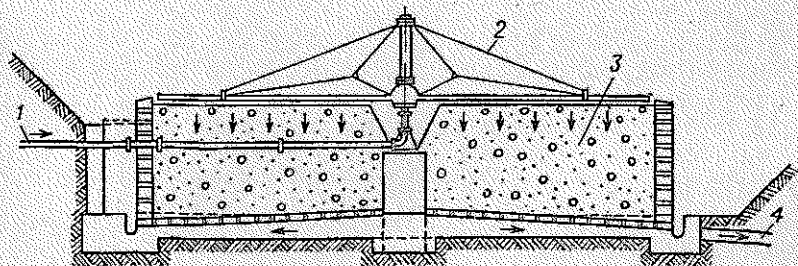


Рис. 34. Круглый биофильтр

1 — труба, подводящая сточную жидкость; 2 — вращающийся водораспределитель; 3 — засыпатель (шлак, щебень и др.); 4 — труба для отвода сточной жидкости

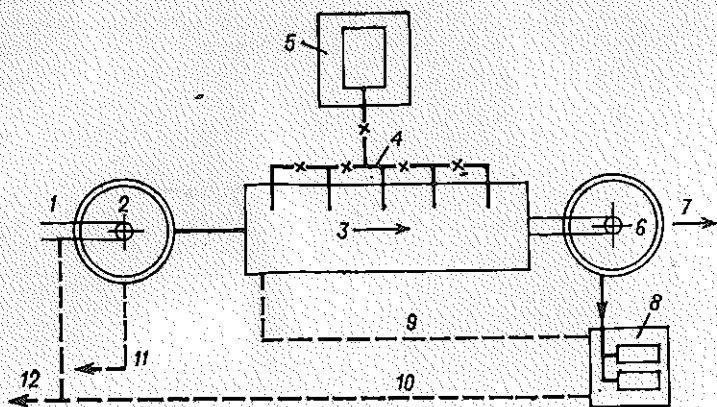


Рис. 35. Схема аэротенка для полной очистки сточных вод

1 — подача сточных вод; 2 — первичный отстойник; 3 — аэротенк; 4 — воздухопроводы; 5 — воздухоудовная станция; 6 — вторичный отстойник; 7 — очищенные сточные воды; 8 — насосная станция для перекачки активного ила; 9 — возвратный активный ил; 10 — избыточный активный ил; 11 — свежий осадок; 12 — удаление избыточного активного ила в илоуплотнители

ности (ОМ) биофильтра; под ней подразумевается количество кислорода в граммах, которое может быть получено с 1 м<sup>3</sup> фильтра в сутки. При положительных среднегодовых температурах воздуха величина ОМ колеблется в пределах 150—300 г кислорода в сутки на 1 м<sup>3</sup> проницаемой засыпки фильтра.

Аэротенки обычно выполняются в виде вытянутых в плане железобетонных резервуаров прямоугольного поперечного сечения, в которых происходит медленное движение сточной жидкости. В них вводятся активный ил и сжатый воздух. Последний, обеспечивая нужный кислородный режим в аэротенке, улучшает перемешивание сточной жидкости и активного ила, что активизирует процессы разложения. Аэротенки дают возможность регулировать очистку и доводить ее до необходимой кондиции.

В зависимости от природных условий и состава сточных вод аэротенки могут быть запроектированы для полной или частичной биологической очистки (рис. 35).

Потребное количество активного ила и воздуха, а также время нахождения сточной жидкости в аэротенке зависят от ее загрязненности и требуемой степени очистки. Обычно продолжительность аэрации сточных вод составляет 6—12 ч.

Производственные и бытовые стоки, прошедшие биологическую очистку, теряют большую часть содержащихся в них бактерий. Однако их полное уничтожение возможно лишь с помощью дезинфекции, которая производится путем хлорирования, электролиза, использования бактерицидных лучей и т. д.

После такой обработки сточные воды могут быть выпущены в водоемы и водотоки.

В первичных и вторичных отстойниках в процессе осветления сточных вод образуется осадок, который поступает в метантенки — железобетонные резервуары, где происходит его сбраживание. Для ускорения процесса брожения осадок подогревается и перемешивается. Выделяющийся при сбраживании горючий газ — метан собирается в специальных газгольдерах и употребляется в качестве топлива.

Сброженный осадок собирается в нижней части метантенка и удаляется на иловые площадки для подсушки. Обезвоженный сброженный осадок содержит много питательных веществ, и его используют как удобрение.

Мелиоративные мероприятия, способствующие охране водных ресурсов от загрязнения, подразделяются на лесные, агротехнические и гидротехнические мелиорации.

Лесные мелиорации состоят в основном в выращивании древесной и кустарниковой растительности в пределах верхней и средней частей речных бассейнов, в результате чего уменьшается поверхностный сток и ослабляются процессы водной эрозии.

К агротехническим мелиорациям относится правильное ведение сельскохозяйственных работ. Так, на участках, подверженных эрозии, вспашка должна производиться поперек склонов с последующим выращиванием растений, обладающих достаточно развитой корневой системой. На крутых склонах со слабым почвенным покровом целесообразно избегать выпаса скота.

Внесение органических и минеральных удобрений следует проводить лишь в дозах, способствующих получению достаточно высоких урожаев и исключающих возможность загрязнения водных ресурсов. Этого можно достичь путем своевременного равномерного распределения удобрений (при внесении на достаточную глубину) по всей поверхности поля. В немалой степени способствует этому и дальнейшее ограничение использования пестицидов в сельском хозяйстве.

Гидротехнические мелиорации, заключающиеся в основном в регулировании водно-воздушного режима почвогрунтов для возделывания различных сельскохозяйственных культур, не должны приводить к вымыванию питательных веществ из почвы. При орошении следует избегать больших поливных норм, что при отсутствии дренажей способствует подъему грунтовых вод и засолению земель. В ряде случаев из-за этого могут происходить эрозия почвы и смыв удобрений. При наличии угрозы загрязнения водоемов и водотоков минерализованными после полива водами их перехватывают специальными коллекторами с целью отвода и последующей очистки.

К мелиоративным мероприятиям относятся также работы по предотвращению образования оврагов, оползней и обрушений



берегов. Для этого производится террасирование крутых склонов, крепление откосов и прокладка специальных дренажей и каналов. Весьма важной является борьба с селевыми потоками, осуществляемая сочетанием указанных выше лесомелиоративных и агротехнических мер с возведением различных конструкций селеуловителей и устройством селехранилищ.

Организованное проведение комплексных мелиоративных мероприятий позволяет существенно уменьшить загрязнение природных вод.

На улучшении качества воды в водоемах и водотоках существенно сказывается уменьшение загрязнения атмосферы. Оно осуществляется в широких масштабах путем установки газо-, золо- и пылеуловителей, а также различных устройств для рекуперации отходов. Проблема обеспечения чистоты атмосферного воздуха чрезвычайно сложна, и рассмотрение ее выходит за пределы данной книги.

Улучшение разработки и использования природных ресурсов оказывает заметное влияние на уменьшение загрязнения водной среды. Например, при добыче нефти балластные воды, содержащие нефть и ее производные, разнообразные соли и прочие вредные продукты, должны обязательно направляться на очистные сооружения. Недопустимы прорывы нефти из скважин, различные аварийные сбросы, прорывы дамб хвостохранилищ и т. д. Разработка месторождений полезных ископаемых карьеров нерудных материалов не должна сопровождаться ухудшением качества поверхностных и подземных вод, или вызывать их истощение.

Указанные выше способы и методы предупреждения загрязнения водных ресурсов этим не исчерпываются. Достижения науки и техники позволяют, в частности, рекомендовать при очистке сточных вод применение результатов новых открытий и разработок в области физики и химии. Так, в последнее время проведены успешные исследования по использованию при очистке ультразвуковых колебаний и гипердавления. Однако в производственных масштабах эти способы, а также ряд упомянутых выше еще не находят широкого применения, что объясняется неотработанностью технологии, высокой энергоемкостью, трудоемкостью и дороговизной, а в ряде случаев и недостаточной эффективностью.

Тем не менее нынешний уровень загрязнения гидросферы и атмосферы и принимаемые меры, намеченные правительственными постановлениями, а также законодательные акты дают основание рассчитывать на то, что в ближайшем будущем будут изысканы и внедрены в производство методы, позволяющие производить не только эффективную очистку, но и обезвреживание и утилизацию образующегося при очистке осадка.

Однако нужно иметь в виду, что даже самые совершенные методы очистки сточных вод смогут лишь несколько отдалить



загрязнение природных вод, но не приостановить его. Это обусловлено интенсивным развитием всего народного хозяйства. Многосторонний анализ показывает, что в наиболее густонаселенных и экономически развитых районах нашей страны будут использоваться все водные ресурсы, что вызовет их загрязнение даже при соблюдении требуемых норм очистки сточных вод. Поэтому проблему чистой воды можно будет решить только при условии перехода к замкнутым системам водоснабжения, в которых очистные сооружения должны быть предназначены не для подготовки вод к выпуску их в естественные водотоки, а для многократного использования в производственных циклах.

В целом планомерное осуществление мероприятий по охране водных ресурсов от загрязнения даст возможность предотвратить нарушение равновесия различных экологических систем и обеспечить нормальные условия для дальнейшего прогресса человеческого общества.

## Глава 6. ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

### § 1. ЗАДАЧИ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СХЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

В начале XX века удовлетворение запросов отдельных водопользователей носило локальный характер и не выходило за границы небольших речных бассейнов. По мере роста народонаселения и сопутствующего ему развития различных отраслей народного хозяйства масштабы использования водных ресурсов непрерывно увеличиваются. Вместо отдельных водопользователей, обеспечение нужд которых не вызывало особых затруднений, все чаще и чаще приходится иметь дело с многими участниками водохозяйственных комплексов, требования которых многообразны и противоречивы.

В связи с возрастающими объемами водопотребления все более актуальными становятся вопросы регулирования водных ресурсов. Современный и последующий периоды развития нашего государства характеризуются непрерывно расширяющимися мероприятиями по перераспределению речного стока между отдельными районами. Приходится регулировать большие объемы воды и перераспределять их не только во времени, но и территориально. Одновременно с этим решаются задачи, связанные с очисткой сточных вод и предотвращением дальнейшего загрязнения водоемов и водотоков.

В условиях планового народного хозяйства многонационального Советского государства чрезвычайно важно правильно оценить водные ресурсы, учесть и удовлетворить потребности в воде в пределах каждой республики, края и области. При этом должны быть обеспечены оптимальные условия для пропорционального и наиболее эффективного развития различных отраслей народного хозяйства.

Таким образом, прогресс в науке и технике и сопутствующее ему все усложняющиеся водохозяйственные проблемы предопределили необходимость централизованного управления использованием водных ресурсов. Это стало очевидным в первую очередь в районах, испытывающих дефицит в воде, а также в местах сильного загрязнения водных источников.

Решение комплексных водохозяйственных проблем невозможно без длительных исследований, разработки и сравнения

различных вариантов. Рассмотрение их должно базироваться на глубоком анализе технико-экономических данных, а также на прогнозе возможных изменений природных условий.

Однако эти изменения не должны вызывать резкого нарушения равновесия природных факторов, существовавшего до создания того или иного водохозяйственного комплекса. Они должны обеспечивать создание природных условий с учетом интересов развития человеческого общества.

Все изложенное свидетельствует о необходимости координации в планировании использования и охраны водных ресурсов. Для этого в начале 60-х годов в нашей стране возникла потребность в разработке всесторонне обоснованного водохозяйственного плана, который получил наименование генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР. Основные задачи этой схемы заключаются в следующем:

1) оценить водные ресурсы как поверхностные, так и подземные применительно к отдельным речным бассейнам и экономическим районам; при этом должны быть выявлены и учтены данные о влиянии хозяйственной деятельности человека на режим водных источников;

2) выявить основные требования к воде различных отраслей народного хозяйства для разных периодов их развития; разработать и научно обосновать нормы водопотребления; установить возможность повторного или последовательного использования воды; определить объем безвозвратных потерь, а также наметить пути для их всемерного сокращения;

3) увязать запросы отдельных водопользователей между собой и выделить среди них те, которые обеспечивают наиболее эффективное и экономное использование воды. В соответствии с этим наметить перспективы развития различных отраслей народного хозяйства;

4) разработать водохозяйственные балансы по отдельным этапам времени, на основе которых в первую очередь выделить районы, испытывающие наибольший дефицит в воде;

5) наметить первоочередные водохозяйственные объекты, обеспечивающие нормальное развитие экономики данного района без осуществления сложных мероприятий по перераспределению стока между отдельными речными бассейнами;

6) установить суммы капитальных вложений, необходимых для выполнения намеченного плана водохозяйственного строительства по отдельным этапам его осуществления; дать экономическую оценку эффективности всего комплекса запроектированных мероприятий;

7) на основе составленных водохозяйственных балансов выработать предложения по наиболее оптимальному размещению промышленных объектов, транспортных узлов и мелиорируемых сельскохозяйственных площадей;

8) определить основные меры по охране водотоков и водоемов от их истощения и загрязнения; разработать мероприятия, гарантирующие очистку и обезвреживание сточных промышленных и коммунальных вод, а также их канализацию;

9) оценить изменение природных условий в тех районах и областях, где намечается проведение крупных водохозяйственных мероприятий;

10) обосновать характер и объем необходимых проектно-исследовательских и научно-исследовательских работ и определить состав их исполнителей.

Генеральная схема является главным документом, обеспечивающим правильную водохозяйственную политику. Как правило, она должна составляться на 30—40 лет вперед с выделением промежуточного этапа через 15—20 лет. Ее следует разрабатывать для крупных бассейнов, а также для больших экономических районов. При необходимости перераспределения водных ресурсов между различными областями и республиками схема должна охватывать значительно большие территории, называемые регионами.

Решения, принятые генеральной схемой, следует рассматривать как принципиальные, на основе которых ведется составление проектов использования водных ресурсов по отдельным речным бассейнам или части каждого из них.

Генеральная схема должна быть динамична во времени и обладать необходимой гибкостью, с тем чтобы учитывать изменения, происходящие в жизни страны. Это связано с крупными открытиями в физике, химии, биологии, обнаружением новых источников энергии, выявлением новых месторождений ценных полезных ископаемых, что иногда вызывает необходимость внесения коррективов в планы развития экономики страны и отдельных районов.

Вопросы, решаемые при разработке генеральной схемы, являются весьма сложными, охватывающими большой комплекс многообразных факторов, находящихся в непрерывном взаимодействии между собой. Основная проблема, в пределах которой происходит водохозяйственное планирование, — это взаимоотношения человека и природы. Поэтому для получения достаточно обоснованной генеральной схемы требуется привлечение опытных специалистов, представляющих все отрасли науки и техники не только на современном этапе их развития, но и способных вести долгосрочный прогноз.

К работе по составлению первой генеральной схемы было привлечено свыше 200 проектных и научно-исследовательских институтов. Очевидно, что по мере расширения и совершенствования водохозяйственного планирования понадобится участие еще большего числа различных ведомств.

Составление схем комплексного использования и охраны водных ресурсов предусмотрено специальным документом —

«Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик», утвержденным Верховным Советом СССР 10 декабря 1970 г.

## § 2. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СХЕМЫ

В соответствии с задачами генеральной схемы, сформулированными в § 1, в известной мере определяется и методика ее составления. Однако ввиду новизны и сложности комплекса рассматриваемых вопросов эта методика еще находится в стадии разработки. Пока принимают за основу методику, составленную в институте Гидропроект имени С. Я. Жука.

В качестве исходных данных для работы над генеральной схемой следует использовать экономические проработки, которые должны включать в себя анализ современного состояния и перспектив развития промышленности, сельского хозяйства, транспорта, городов, населенных пунктов и улучшения культурно-бытовых условий жизни населения для каждой республики или экономического района на определенных этапах через каждые 15—20 лет. Эти данные необходимы для обоснования географического размещения всех водопользователей и установления их потребностей в воде.

Оценка водных ресурсов должна охватывать как поверхностные, так и подземные источники. В разделе «Поверхностные воды» по всем крупным водотокам и водоемам должны быть следующие данные:

- норма стока;
- среднегодовые расходы воды;
- коэффициенты изменчивости среднегодовых расходов;
- среднегодовые расходы воды с обеспеченностью 75 и 95%;
- внутригодовое распределение стока в процентах по месяцам для среднего и маловодного года;
- испарение с водной поверхности в различные по водности годы;
- испарение с поверхности суши;
- наименьшие среднемесячные расходы с обеспеченностью 75 и 95% для оросительного сезона и осенне-зимнего периода.

Весьма важно при анализе гидрологического режима поверхностных вод располагать данными об их качестве и степени загрязнения на начальный и конечный периоды прогнозирования. При этом следует учитывать загрязнение не только за счет выпуска промышленных и коммунальных сточных вод, но и от вымывания минеральных удобрений с сельскохозяйственных территорий.

Для правильной оценки количества и качества подземных вод необходимо достаточно обоснованно установить их связь с поверхностными водами. Весьма существенно знать эксплуатационные ресурсы подземных вод и в зависимости от интен-

сивности их использования установить степень влияния на изменение речного стока.

В связи с расширением работ по деминерализации морских и океанских вод большое значение имеет экономическая оценка этих мероприятий для районов, испытывающих значительный дефицит в воде, по сравнению с транспортировкой воды на большие расстояния. При этом должны быть оценены запасы минерализованных подземных вод и установлена возможность их применения для ряда водопользователей при различной степени обессоливания. В частности, выполненные в СССР работы показали, что опреснение становится экономически целесообразным при необходимости транспортировки воды на расстояние свыше 350 км и суточном объеме водопотребления более 1 млн. м<sup>3</sup>.

По некоторым данным, к 2000 г. в США до 7% всей потребности в воде должно покрываться за счет деминерализации прибрежных морских вод, что будет выгоднее строительства и эксплуатации длинных водоводов для переброски стока. Но при этом возникают существенные затруднения, связанные с использованием большого количества солей, остающихся после получения пресной воды.

Следующий раздел генеральной схемы — установление запросов различных водопользователей в современных условиях и на перспективу.

При рассмотрении вопросов водоснабжения необходимо:

охарактеризовать источники водоснабжения и водоприемники;

обосновать нормы водопотребления;

установить долю оборотных систем водоснабжения и возможность ее увеличения;

выяснить процент охвата городов и населенных пунктов централизованными системами водоснабжения.

Кроме того, весьма важно установить нормы водопотребления и дать прогноз их изменения в зависимости от совершенствования технологии производства и развития благоустройства городов. Следует также во все больших масштабах предусматривать отдельные системы для подачи питьевой воды и воды для других нужд.

При решении вопросов водоотведения должны учитываться данные о степени канализации всех населенных пунктов, о существующих и предполагаемых способах очистки сточных вод, расчетной производительности очистных сооружений и фактической нагрузке на естественные водотоки, используемые для водоотведения. Необходимо также знать количество сточных вод, не подвергающихся очистке.

Исходными данными для установления размеров площадей, предназначенных для проведения мелиоративных работ, являются, с одной стороны, прогнозируемая численность населения,

а с другой — соответствующие нормы питания, рекомендуемые научными организациями Министерства здравоохранения СССР.

Развитие орошения связано с изъятием больших объемов воды, из которых значительную долю составляют безвозвратные потери. Поэтому в первую очередь надлежит предусмотреть коренное улучшение уже используемых орошаемых земель, что в равной степени относится и к осушенным площадям.

Особое внимание должно быть уделено правильному обоснованию поливных норм в сочетании с другими факторами развития растений, с тем чтобы обеспечить получение достаточно высоких и устойчивых урожаев при экономном расходовании воды. Следует выбирать наиболее прогрессивные системы орошения в виде дождевания, подпочвенного и капельного орошения. Широкое внедрение подобных систем (а в дальнейшем еще более совершенных) в сочетании с уменьшением потерь на фильтрацию и испарение в водопроводящих каналах позволит значительно снизить объемы воды, потребные для орошения. Необходимостью всемерной экономии водных ресурсов следует также руководствоваться и при разработке перспектив обводнения пастбищ.

При прогнозировании орошения нужно учитывать возможность использования возвратных вод, а иногда подземных пресных и с различной степенью минерализации.

Установление перспективных площадей обводнения, намеченных для интенсивного развития скотоводства, должно быть в первую очередь увязано с кормовой базой в естественных условиях без дополнительного увлажнения пастбищ. Это условие может быть ограничено при наличии достаточных водных ресурсов, часть которых в последующем возможно использовать для орошения пастбищ и лугов.

Планирование гидроэнергетического строительства следует вести на основе глубоких проработок по выявлению экономических гидроэнергоресурсов в бассейнах различных рек. При этом в качестве первоочередных объектов следует рассматривать наиболее эффективные гидростанции с возможно меньшими площадями затоплений при создании водохранилищ. Нужно учитывать также, что гидроэнергетика и в дальнейшем сохранит свою главенствующую роль в комплексном использовании водных ресурсов. По-прежнему это будет проявляться в принятии на себя значительной доли средств, вкладываемых в строительство того или иного комплексного гидроузла, и в наиболее коротких сроках окупаемости включенной в его состав гидростанции. В связи с возрастающими потребностями в покрытии пиковой и полупиковой частей графиков нагрузки энергосистем, а также ввиду ограниченности водных ресурсов в ряде районов все большую роль будут играть гидроаккумулирующие электростанции.



Созданию комплексных гидроузлов должно сопутствовать развитие водного транспорта. Однако вследствие ряда специфических требований речного транспорта, противоречащих интересам других участников водохозяйственного комплекса, предусматривать чрезмерное увеличение протяженности внутренних водных путей, по-видимому, не следует. Кроме того, надо учитывать загрязнение водотранспортных путей судовыми отработанными нефтепродуктами, а также интенсивное развитие железнодорожного и автомобильного транспорта, который успешно конкурирует с перевозками водным путем.

Сделанные замечания в известной мере относятся и к лесосплавным путям, длина которых должна сокращаться, что объясняется созданием крупных лесоперерабатывающих комплексов непосредственно в обширных лесных зонах.

Рыбохозяйственные мероприятия следует планировать с учетом устройства рыбопропускных сооружений на большинстве проектируемых и существующих гидроузлов, а также создания целенаправленного рыбоводства в естественных и искусственных водоемах. Особое внимание при этом необходимо уделить предотвращению их загрязнения, что может решаться различными способами. В отдельных случаях, при наличии весьма ограниченных и сильно загрязненных водотоков, целесообразно исключать их из рыбохозяйственного комплекса вопросов и переходить к искусственному рыбозаведению с использованием уже известных приемов.

Наиболее сложным разделом водохозяйственного планирования является проблема обеспечения надлежащего качества воды в поверхностных и подземных источниках и охрана их от загрязнения. В соответствии с этим при разработке генеральной схемы должны быть рассмотрены следующие вопросы:

- 1) характеристика современного санитарного состояния всех водных источников;
- 2) анализ существующих способов очистки сточных вод и характеристика эксплуатируемых очистных сооружений;
- 3) прогнозирование качества воды на различных этапах развития водного хозяйства с учетом и внедрением наиболее эффективных способов борьбы с загрязнением водных источников;
- 4) оценка убытков, вызываемых загрязнением вод;
- 5) мероприятия по сокращению и предотвращению дальнейшего загрязнения водных ресурсов.

По-видимому, целесообразно при рассмотрении комплекса указанных вопросов не принимать во внимание так называемую самоочищающую способность водоемов и водотоков, которая имеет значение в условиях выпуска сравнительно небольших расходов сточных вод в достаточно крупные водоемы и водотоки. Вследствие быстрого роста объема промышленных и коммунальных стоков и возрастающего дефицита в воде самоочищающая способность будет иметь все меньшее значение. По-

этому учет этого фактора может привести к переоценке возможностей отводящей способности и обеспечения должного качества воды в отдельных водоемах и водотоках.

Наряду с разработкой мероприятий по охране водных ресурсов от загрязнения в генеральной схеме должны быть рассмотрены вопросы вредного воздействия вод, которые включают в себя такие элементы:

- а) установление районов вредного воздействия воды на природную среду и объекты хозяйственной деятельности человека;
- б) оценка объемов и стоимости причиняемых ущербов;
- в) проектирование мероприятий по устранению и уменьшению вредного воздействия вод.

### § 3. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ БАЛАНСЫ И ПРИНЦИПЫ ИХ СОСТАВЛЕНИЯ

Как уже было сказано в гл. I, § 3, водный баланс устанавливает соотношение между атмосферными осадками, поверхностным и подземным стоками, испарением и транспирацией влаги растительностью в пределах рассматриваемого речного бассейна.

Для того чтобы сопоставить имеющиеся водные ресурсы с запросами различных отраслей народного хозяйства, составляют водохозяйственные балансы для каждого экономического района или речного бассейна. При этом необходимо решить следующие вопросы:

- а) произвести оценку поверхностных и подземных источников как с количественной, так и с качественной стороны;
- б) выявить требования различных водопользователей и установить величины безвозвратных потерь воды;
- г) определить объемы воды, которые могут быть предоставлены водопользователям в естественных условиях, а также при проведении дополнительных мероприятий по регулированию стока;
- д) установить свободные объемы стока, остающиеся в реке, для использования их за пределами рассматриваемой территории.

В связи с тем, что речной сток претерпевает стихийные колебания по сезонам и годам, каждый водохозяйственный расчет нужно производить с известной степенью приближенности. При этом каждый этап использования водных ресурсов в пределах данного района должен рассматриваться в зависимости от среднегодового стока реки, путем сопоставления ряда вариантов.

Большое значение при разработке водохозяйственных балансов имеет учет хозяйственной деятельности человека. Однако оценка ее влияния пока весьма приближена.

Водохозяйственные балансы составляются обычно для рек или их участков, в пределах которых предполагается осуществ-

вление различных водохозяйственных комплексов. При этом на всем протяжении реки происходит перераспределение воды между отдельными водопользователями. Каждый из них, расположенный ниже по реке, использует сток, перераспределенный верхними водохранилищами, а также воду из притоков, впадающих ниже этих водохранилищ.

Таким образом, исходные гидрологические данные должны базироваться на общем для всех водопользователей периоде времени и быть представленными в виде гидрографов приточности в каждый из бьефов рассматриваемой водохозяйственной системы. Кроме того, следует тщательно увязать между собой гидрологические и гидравлические характеристики на участке реки, для которого составляется водохозяйственный баланс.

Вопросы, связанные с регулированием стока водохранилищами и объемами воды, могущими быть использованными в различных целях, решаются на основе некоторых вероятностных методов, которые дают возможность учесть сочетание лет различной водности.

При составлении водохозяйственных балансов, особенно на дальнюю перспективу, по-видимому, не следует выделять подземные воды в самостоятельную категорию, способную удовлетворить соответствующие отрасли народного хозяйства. Это связано с тем, чтобы не переоценить возможности использования водных ресурсов в данном районе. Как правило, подземные воды являются источником питания речного стока, объемы и расходы которого фиксируются с достаточной степенью точности. Самостоятельный учет их может иногда производиться в верховьях некоторых бассейнов, где еще не наблюдается их выходов в речные русла.

В отдельных случаях, при наличии мощных водоносных горизонтов, их нужно рассматривать отдельно, учитывая в первую очередь удовлетворение потребностей питьевого водоснабжения. Необходимость этого определяется постоянством режима и высоким качеством подземных вод. Как уже отмечалось, большие подземные резервуары подземных вод обнаружены в ряде районов среднеазиатских республик, под оз. Севан и в других местах. Все эти резервы при разработке водохозяйственных балансов должны рассматриваться совершенно самостоятельно.

В связи с дальнейшим ростом населения и развитием производительных сил в пределах каждого экономического района, а также расширением связей между ними наблюдается изменение составленных ранее водохозяйственных балансов как во времени, так и территориально. Особенно наглядно это видно на примерах развития ряда республик Средней Азии, между которыми происходит количественное и территориальное перераспределение водных ресурсов.

В водохозяйственном планировании существуют два взаимосвязанных определения. Это так называемые расчетная обеспе-

ченность—Р и гарантированная отдача. Под расчетной обеспеченностью подразумевают вероятное число лет в процентах от общего числа лет всего расчетного периода, когда гарантированные водоотдачи будут обеспечены полностью.

Расчетная обеспеченность является одной из главных исходных величин при разработке водохозяйственных балансов. Чем выше ее значение, тем устойчивее и надежнее должно быть функционирование того или иного участка водохозяйственного комплекса. От величины расчетной обеспеченности зависят высота плотин, расход насосных станций, мощность гидростанций, размеры поперечного сечения крупных каналов и т. п. Соответственно росту масштаба намечаемых водохозяйственных мероприятий увеличивается и их стоимость. Вместе с тем снижение расчетной обеспеченности приводит к ограничению подачи воды или энергии, соответствующим предприятиям, что сопровождается ростом убытков.

В настоящее время обосновать расчетную обеспеченность весьма сложно. Это связано с большой неопределенностью при экономической оценке народнохозяйственного ущерба, вызываемого сокращением подачи воды. Правильнее было бы рассматривать ряд вариантов обеспечения потребностей в воде того или иного объекта и производить их технико-экономическое сравнение, что дало бы возможность более обоснованно установить величину расчетной обеспеченности.

В современных условиях при определении этой величины обычно исходят из некоторых данных практики. Так, в частности, рекомендуются следующие значения расчетной обеспеченности (в %):

питьевое водоснабжение . . . . .	97—99
промышленное водоснабжение (включая тепловые и атомные электростанции) . . . . .	95—97
орошение . . . . .	75—80 (до 95)
гидроэнергетика . . . . .	90—95
водный транспорт . . . . .	80—90

Приведенные цифры являются приближенными и нуждаются в корректировке в каждом конкретном случае. Это зависит от масштаба каждого водохозяйственного объекта и его народнохозяйственного значения. Например, при проектировании некоторых ирригационных объектов принимались следующие величины Р расчетной обеспеченности: Краснодарского водохранилища и орошения рисовых систем в низовьях р. Кубани — 80%, третьей очереди Каракумского канала и орошения в долине р. Мургаба — 85%, Чарвакского гидроузла на р. Чирчик и орошения связанных с ним земель — 95%.

При разработке водохозяйственных балансов следует располагать данными о безвозвратных потерях и их изменении в зависимости от времени и совершенствования системы промыш-

ленного и сельскохозяйственного производства. В связи с этим особое значение приобретает правильное прогнозирование развития систем оборотного и последовательного использования воды в промышленности, сокращения оросительных норм и осуществления мер, направленных на всемерную экономию воды.

Водохозяйственные балансы должны быть увязаны с вариантами размещения производительных сил, в особенности в маловодных районах. При этом нужно иметь в виду наличие полезных ископаемых и трудность их разработки, почвенные и климатические условия для выращивания различных сельскохозяйственных культур, транспортные связи и другие факторы.

В случае дефицита воды приходится осуществлять замену отдельных участников водохозяйственного комплекса равнозначными вариантами. Например, вместо выработки энергии на гидростанциях можно переходить к тепловым или атомным электростанциям, водный транспорт заменять железнодорожным или автомобильным, вместо сильно влаголюбивых культур возделывать менее влаголюбивые и т. д.

Для маловодных районов весьма важное значение имеет фактор наиболее эффективного использования воды. В качестве критериев могут быть применены некоторые экономические показатели в виде валового дохода или валового продукта, приходящихся на единичный объем воды. Так, по некоторым американским данным, каждые 1000 м<sup>3</sup> воды, израсходованные для нужд водоснабжения промышленности, отдыха и сельского хозяйства, ориентировочно приносят доход в размере соответственно 2500, 160—200 и 32—40 долларов. Приведенные цифры являются первой попыткой оценки эффективности использования воды. Получение такой информации в данном направлении в нашей стране должно вестись в основном для различных отраслей промышленного производства, в несколько меньшей мере — для сельского хозяйства и почти не затрагивать здравоохранение, коммунальное хозяйство и создание баз отдыха населения.

При решении круга вопросов, относящихся к эффективности использования воды, нужно установить не только размеры водопотребления и безвозвратных потерь, но и располагать данными о степени влияния различных видов водопользования на качество водных ресурсов.

В соответствии с Основами водного законодательства СССР, сточные воды могут быть сброшены в водоемы и водотоки лишь после надлежащей очистки, с тем чтобы поддерживать источники в надлежащем санитарном состоянии. При этом сточные воды, не поддающиеся необходимой очистке, должны отводиться в особые, безопасные для населения, места. В случае невозможности их повторного использования в пределах района, для которого разрабатывается водохозяйственный баланс, их следует включать в объем безвозвратных потерь.

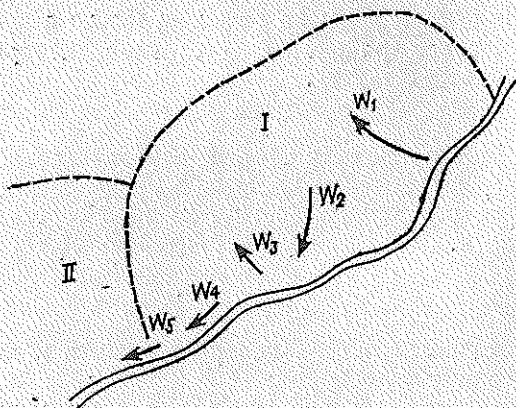


Рис. 36. Составляющие водохозяйственного баланса

*I, II* — номера районов, для которых разрабатываются водохозяйственные балансы

Иногда, исходя из санитарных требований, для соответствующего разбавления выпускаемых сточных вод необходимо предусматривать подачу дополнительных объемов чистой воды, что также нужно учитывать при разработке водохозяйственных балансов.

Схематически основные расходные составляющие водохозяйственного баланса для экономического района показаны на рис. 36. В целях упрощения схемы рассмотрим все составляющие применительно к правобережной части территории. Соответствующими стрелками условно обозначены следующие величины:

- $W_1$  — общий расход воды, потребляемый различными отраслями народного хозяйства;
- $W_2$  — общий возвратный расход воды, который поступает обратно в реку (после использования);
- $W_3$  — часть возвратного расхода воды, который может быть использован повторно в границах экономического района *I*; этот расход может быть представлен как  $W_3 = \alpha W_2$ , где  $\alpha$  — некоторый коэффициент, равный 0,1—0,5;
- $W_4$  — наименьший допустимый расход в реке, устанавливаемый исходя из требований санитарии, судоходства, отдыха и для разбавления сточных вод;
- $W_5$  — требуемый минимальный расход воды на рассматриваемом участке реки, который должен поддерживаться в маловодный год с обеспеченностью 95%:

$$W_5 = W_1 - W_3 + W_4; \quad (14)$$



$W_6$  — общие потери воды на речном участке в пределах экономического района I (условное изображение на рис. 36 отсутствует):

$$W_6 = W_1 - W_2. \quad (15)$$

Соответственно приходная часть водохозяйственного баланса или водные ресурсы, которые имеются в пределах рассматриваемого экономического района, состоят из ряда составляющих.

Поступление воды на данную территорию может быть представлено в виде

$$V_1 = V_1' + V_1'' + V_1''' + V_1''''', \quad (16)$$

где  $V_1'$  — естественный приток поверхностных и подземных вод с соседних водосборов;

$V_1''$  — поступление возвратных вод с вышерасположенных участков;

$V_1'''$  — поверхностный и подземный стоки, формируемые в границах собственного водосбора;

$V_1''''$  — переброска воды из соседних речных бассейнов.

При планировании использования водных ресурсов необходимо учитывать их регулирование. Общий объем воды, который может быть получен за счет использования водохранилищ, расположенных в границах рассматриваемого экономического района, обозначим через

$$V_2 = V_2' - V_2'' + V_2''', \quad (17)$$

где  $V_2'$  — сработка водохранилищ;

$V_2''$  — наполнение водохранилищ;

$V_2'''$  — потери воды на фильтрацию и испарение.

Таким образом, общий объем зарегулированного стока, который может быть предоставлен всем водопользователям данного экономического района,

$$V_3 = V_1 - W_2. \quad (18)$$

Очевидно, что расход воды в русле реки, который будет поступать в нижерасположенный экономический район II,

$$V_4 = V_3 - W_6. \quad (19)$$

Избыток располагаемого стока сверх наименьшего допустимого расхода в реке (исходя из вышеизложенных требований)

$$V_5 = V_4 - W_4. \quad (20)$$

В качестве примера рассмотрим составление водохозяйственного баланса для отдельного экономического района (см. I на рис. 36), расположенного в бассейне одной из рек. Для упрощения будем считать, что основными водопользователями в нем являются водоснабжение промышленности и населения, тепловые электростанции, орошение, судоходство и здравоохранение. Одновременно полагаем, что водные ресурсы данного речного



Водохозяйственный баланс экономического района I для маловодного года с обеспеченностью 95% (в млн. м³)

Составляющие водохозяйственного баланса	Месяцы												Год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
I. Расходная часть													
Общий потребляемый расход $W_1$	25	25	25	40	70	130	140	140	70	50	25	25	790
Общий возвратный расход, поступающий обратно в реку, $W_2$	18	18	18	18	32	65	70	70	35	22	18	18	402
Часть возвратного расхода, используемого повторно, $W_3$	10	10	10	10	20	40	42	42	21	11	10	10	236
Наименьший допустимый расход в реке, $W_4$	20	20	20	30	40	70	70	70	50	50	40	30	490
Требуемый минимальный расход с обеспеченностью 95% $W_5 = W_4 - W_3 + W_4$	35	35	35	60	90	160	168	168	99	89	55	45	1019
Безвозвратные потери воды $W_6 = W_1 - W_2$	7	7	7	22	38	65	70	70	35	28	7	7	363
II. Приходная часть													
Поступление воды на данную территорию $V_1$	55	50	50	110	340	750	320	150	140	130	70	60	2225
Регулирование стока:													
сработка водохранилищ $V_2$	20	25	25	—	—	—	—	50	30	10	20	20	200
наполнение водохранилищ $V_3$	—	—	—	45	160	140	—	—	—	—	—	—	345
потери на фильтрацию и испарение $V_4$	1	1	1	1	8	18	20	20	8	1	1	1	81
объем воды, получаемой за счет использования водохранилищ, $V_5 = V_2 - V_3 - V_4$	19	24	24	46	168	158	20	30	22	9	19	19	558
Общий объем зарегулированного стока $V_6 = V_1 - W_5$	36	26	26	64	172	592	300	120	118	121	51	41	1667
Расход реки, поступающий в район II, $V_7 = V_6 - W_6$	29	19	19	42	134	527	230	50	83	93	44	34	1304
Избыток располагаемого стока сверх минимума $V_8 = V_7 - W_4$	9	—1	—1	12	94	457	160	0	33	4	4	4	775

бассейна достаточны для удовлетворения внутренних нужд водопользователей, ввиду чего можно обойтись без переброски воды из бассейнов соседних рек, т. е.  $V_1''' = 0$ .

Все расчеты выполнены для маловодного года с обеспеченностью 95%, при этом расходная и приходная части водохозяйственного баланса представлены в млн. м<sup>3</sup> за каждый месяц (табл. 17). Для сокращения таблицы все составляющие водохозяйственного баланса приводятся с соблюдением уже принятых обозначений.

Из данных табл. 17 видно, что в осенне-зимние месяцы избыток стока, который можно использовать в дальнейшем для различных хозяйственных нужд, крайне незначителен. Поэтому в перспективе потребуются перераспределение стока, что можно осуществить за счет создания дополнительных водохранилищ.

#### § 4. ПОНЯТИЕ ОБ ИТоговом ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАЛАНСЕ

Разработка водохозяйственных балансов может производиться в двух аспектах. В первом из них рассматриваются довольно сложные экономические районы и речные бассейны на 10—15-летнюю перспективу их развития. При этом оценка водных ресурсов и установление требований различных водопользователей могут производиться с достаточной степенью точности.

Значительно более сложно составление водохозяйственного баланса во втором аспекте, т. е. за многолетний период, включающий большое число лет, характеризующихся различными объемами годового стока. Завершающим этапом при этом являются итоговые водохозяйственные балансы, которые отражают наиболее неблагоприятные условия водообеспечения на протяжении длительного периода времени (20—30 лет и более).

Обычно итоговые водохозяйственные балансы составляют для маловодного и среднемаловодного годов с соответственными расчетными обеспеченностями 95—97 и 75%. Для того чтобы иметь возможность более детальной оценки режима маловодного года, анализируется его сток по месяцам, а иногда и по декадам.

При водохозяйственном планировании довольно часто рассматриваются крупные речные системы, в пределах которых происходят весьма сложные изменения стока. Одновременно с этим следует отметить многообразные формы гидрологического взаимодействия между различными частями каждого речного бассейна, а также между отдельными речными системами. Ввиду этого целесообразно за расчетный маловодный год принимать тот, который был зафиксирован на протяжении многолетнего цикла гидрологических наблюдений.

Выбираемые в качестве основных расчетные маловодные годы характеризуются самыми трудными условиями удовлетворения потребностей в воде. При этом можно считать, что маловодный год соответствует обеспечению минимальных запросов водопользователей, а в среднемаловодный год обеспечивается полное удовлетворение всех потребностей в воде.

Желательно, чтобы в итоговом водохозяйственном балансе не было дефицита воды, так как баланс характеризует нормальные условия водообеспечения, которые не должны быть ниже границы соответствующего устойчивого режима.

При многолетнем регулировании в случае каскада водохранилищ, расположенных на одной реке, все водохозяйственные расчеты обычно ведутся в расчетных створах от верховьев бассейна к его низовьям. В связи с этим в особо маловодные периоды запросы водопользователей, находящихся в нижней части бассейна, могут быть не удовлетворены. Во избежание этого следует ограничивать размеры водопотребления на вышерасположенных участках реки и предусматривать удовлетворение потребностей в воде в пределах всего бассейна по пониженным нормам. Необходимость этого диктуется тем, что все водохозяйственные системы должны быть взаимосвязаны и обеспечены централизованным управлением.

Специфические требования некоторых водопользователей (гидроэнергетики, водного транспорта, лесосплава и др.) целесообразно рассматривать отдельно от водохозяйственного баланса для данного экономического района или речного бассейна. Это связано с тем, что удовлетворение потребностей водопользователей не связано с непосредственным изъятием воды из того или иного водоема и водотока. При дефиците водных ресурсов некоторые из перечисленных водопользователей могут быть заменены примерно равнозначными, с экономической точки зрения, вариантами.

Следует иметь в виду, что к категории безвозвратных потерь  $W_6$  относится не только вода, расходуемая на испарение и входящая в состав сельскохозяйственной и промышленной продукции, но и транспортируемая за пределы данного речного бассейна. Эта категория включает в себя также канализационные и возвратные воды, места выхода которых приурочены к нижним границам территории, в пределах которой производится составление водохозяйственного баланса.

В тех случаях, когда водные ресурсы в достаточной степени значительны по сравнению с предполагаемым расходом воды на перспективу, разработка водохозяйственных балансов может производиться в сокращенном и несколько приближенном виде. При этом в качестве исходных гидрологических данных принимают сведения, относящиеся к расчетному маловодному году с обеспеченностью 95—97%.

## Глава 7. ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

### § 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Осуществление водохозяйственных комплексов связано с большими капиталовложениями. Между участниками этих комплексов существуют сложные связи. Поэтому важно иметь научно обоснованную методику определения экономической эффективности капиталовложений в водное хозяйство.

В настоящее время в качестве исходной применяется «Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений», утвержденная Госпланом СССР, Госстроем СССР и Президиумом АН СССР в 1969 г. Однако конкретные методики, используемые для различных отраслей водного хозяйства, наряду с одинаковыми методическими положениями содержат рекомендации, принципиально отличные друг от друга. Общим для них является применение метода сравнительной эффективности. В качестве условия сопоставимости вариантов принимаются: 1) равенство материальных балансов народного хозяйства и 2) неизменность социально-политических задач.

Суть расчета сводится к сопоставлению ежегодных издержек производства и капитальных вложений сравниваемых альтернативных вариантов, а также к определению коэффициента эффективности и сравнению его с нормативным. Варианту с повышенными капитальными вложениями отдают предпочтение при условии, если коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений не менее нормативного. При наличии нескольких вариантов наиболее эффективным является тот, который обеспечивает минимум расчетных затрат.

В соответствии с типовой методикой нормативные коэффициенты сравнительной эффективности  $E_n$  изменяются в пределах 0,10—0,33, при этом срок окупаемости затрат составляет от 10 до 3 лет. Ниже приведены значения этих коэффициентов для различных объектов:

комплексные гидроузлы . . . . .	0,10
водный транспорт . . . . .	0,10—0,15
орошение . . . . .	0,17—0,33
осушение . . . . .	0,11—0,25
обводнение . . . . .	0,20—0,30
водопровод и канализация . . . . .	0,10—0,14

рыбное хозяйство . . . . .	0,17
лесосплав . . . . .	0,18—0,22

Наряду с единством отраслевых методических указаний в них имеются и существенные различия. Прежде всего они касаются рекомендаций по оценке эффективности сооружений в целом. Так, в некоторых отраслях рекомендуется преимущественное использование метода сравнительной эффективности, а в других отраслях — применение метода абсолютной эффективности. Под абсолютной эффективностью понимается отношение чистого дохода к капитальным вложениям.

В отраслевых методиках указывается на необходимость учета разновременности капитальных вложений. Обозначим коэффициент учета фактора времени  $E_B$ . При обосновании большинства задач водохозяйственного проектирования рекомендуется принимать  $E_B \leq E_H$ .

В дополнение к основным экономическим показателям при выборе наиболее выгодных вариантов целесообразно учитывать удельные показатели, например, выработку на одного рабочего, расход топлива, энергии, сырья и материалов на единицу продукции и т. д. Эти удельные технико-экономические показатели, имеющие специфические особенности для отдельных отраслей, позволяют сопоставлять варианты под разным углом зрения.

В ряде случаев допускается осуществление объектов, дающих меньшую экономическую эффективность, но обладающих преимущественными натуральными показателями (например, лучшими условиями охраны труда для обслуживающего персонала, повышенной надежностью работы сооружений и прочими достоинствами).

Различия в методах по определению экономической эффективности капитальных вложений в разных отраслях водного хозяйства затрудняют выбор оптимальных решений в условиях комплексного планирования и использования водных ресурсов. В настоящее время разработаны методики технико-экономических расчетов в основных отраслях водного хозяйства, однако общая методика при комплексном использовании водных ресурсов отсутствует.

В зависимости от ряда специфических условий допускается возможность отклонения значений отраслевых нормативных коэффициентов эффективности  $E_H$  от величины 0,12, которая принята для всего народного хозяйства в целом.

Подобные специфические условия в наибольшей степени присущи водному хозяйству, где отмечается заметная продолжительность различных процессов, сопутствующих возведению гидроузла и изменению экономической и социальной структуры района. Поэтому для крупных гидроузлов комплексного назначения нормативный коэффициент  $E_H$  может быть снижен до величины 0,08 для всех участников водохозяйственного комплекса.

Обычно финансирование строительства и эксплуатации комплексных гидроузлов осуществляется либо одним министерством, которому принадлежит ведущий участник комплекса, либо на долевых началах всеми заинтересованными министерствами и ведомствами.

## § 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

По сравнению с отдельным использованием водных ресурсов в интересах отдельных отраслей народного хозяйства осуществление водохозяйственных комплексов сопровождается значительно большей эффективностью. Она выражается в повышении производительности труда, снижении стоимости продукции и развитии комбинированного производства.

Так, сооружение гидроузлов на равнинных реках создает благоприятные условия для гидроэнергетики, судоходства, водоснабжения, орошения и борьбы с наводнениями. Создание крупных водохранилищ позволяет развивать тепловую энергетику, иметь хорошие условия для туризма, водного спорта и рыбного хозяйства. Использование напорного фронта сооружений для прокладки железных и автомобильных дорог позволяет отказаться от строительства сложных и дорогостоящих мостовых переходов. После окончания строительства комплексного гидроузла остаются мощная строительная база и развитое жилищное хозяйство, которые необходимы для дальнейшего развития экономики района. Происходит изменение демографических и социальных факторов.

Весьма важными являются вопросы определения экономической эффективности комплексного гидроузла и распределения суммарных вложенных в него средств между отдельными участниками водохозяйственного комплекса на стадии проектирования. Правильное распределение затрат необходимо для того, чтобы не создать ложного представления о якобы низкой экономической эффективности некоторых отраслей. Примером в этом отношении в прошлом была гидроэнергетика, на которую как на основного участника водохозяйственного комплекса относили большую часть затраченных средств, что вызывало повышение удельных экономических показателей ГЭС.

Для определения экономической эффективности комплексного гидроузла и распределения затрат между отдельными участниками водохозяйственного комплекса можно использовать методику, разработанную в ЛПИ им. М. И. Калинина. Суть ее заключается в следующем:

1) экономическая эффективность гидроузла для отдельных участников водохозяйственного комплекса устанавливается путем сравнения затрат в двух возможных случаях:



а) при долевом участии в данном гидроузле;  
б) при условии осуществления таких наиболее выгодных заменяющих вариантов, которые позволили бы при отсутствии гидроузла получать такие же или равноценные результаты.

2) в сопоставляемых вариантах должно быть обеспечено равенство выпускаемой продукции или оказываемых услуг. При этом варианты, рассматриваемые как заменяющие, не обязательно должны быть связаны с использованием данного водотока или с размещением объектов в пределах того же района;

3) экономическая эффективность гидроузла для отдельного участника водохозяйственного комплекса устанавливается, исходя из срока окупаемости дополнительных капиталовложений в гидроузел, приходящихся на этого участника, по сравнению с сопоставляемым вариантом, за счет экономии на ежегодных издержках.

4) распределение затрат на гидроузел многоцелевого назначения между отдельными участниками водохозяйственного комплекса производится пропорционально экономическому эффекту, получаемому каждым участником от гидроузла.

Все капиталовложения в основные сооружения комплексного гидроузла следует разделять на две части: общие и отраслевые. Общие предназначены для удовлетворения запросов нескольких участников водохозяйственного комплекса. К ним можно отнести средства, идущие на сооружение плотин (создающих напор для гидроэнергетики, а также увеличивающих глубины, необходимые для судоходства и нормальной работы различных водозаборных сооружений), крупных каналов и насосных станций (подающих воду для орошения, водоснабжения, обводнения, рыбоводства и других целей). Общими следует считать и капиталовложения, затрачиваемые на создание водохранилищ, которые обеспечивают удовлетворение интересов большинства участников водохозяйственного комплекса.

Отраслевые капиталовложения производятся в сооружения одноцелевого назначения, например, судоходный шлюз, здание ГЭС, рыбоподъемник, плотоход или бревноспуск и т. д.

Эффективность гидроузла для каждого участника водохозяйственного комплекса определяется сопоставлением затрат в двух вариантах: при создании гидроузла и при осуществлении заменяющего альтернативного варианта.

Так, экономический и энергетический эффект проектируемой ГЭС сравнивают с другим вариантом генерирования энергии для участия в покрытии перспективного графика нагрузки энергосистемы. Эффективность гидроузла для водного транспорта выявляется сравнением затрат по судоходству при наличии водохранилища и при отсутствии его. При выборе альтернативного заменяющего мероприятия следует рассмотреть перевозки грузов сухопутным транспортом. Эффективность рыбного хозяйства



может быть определена сопоставлением затрат для рыбохозяйственного освоения водохранилищ с затратами на создание систем рыбоводных прудов при условии получения равноценной продукции. Эффективность орошения возможно установить путем сравнения затрат по гидроузлу (долевое участие) с затратами на выращивание эквивалентной сельскохозяйственной продукции при отсутствии гидроузла. Аналогично можно определить экономическую эффективность гидроузла для водоснабжения и других возможных участников водохозяйственного комплекса.

Сопоставление различных вариантов для каждого из участников водохозяйственного комплекса следует производить на основе исчерпывающего анализа совокупности природных, политических, социальных, экономических и технических факторов. При этом нужно учитывать не только долевые затраты по гидроузлу, но и сопутствующие средства, вкладываемые для получения соответствующего эффекта (межхозяйственные оросительные каналы, линии электропередачи, крупные трубопроводы для водоснабжения и др.).

Если обозначить капиталовложения для  $i$ -го участника водохозяйственного комплекса  $K_i$ , то их можно представить как сумму капиталовложений в гидроузел  $K_{ir}$  и капиталовложений в сопутствующие мероприятия  $K_{ic}$ . Для ежегодных издержек  $I_i$  также можно выделить составляющие  $I_{ir}$  и  $I_{ic}$ . Капиталовложения и ежегодные издержки по альтернативному варианту для  $i$ -го участника комплекса обозначим соответственно  $K_{ia}$  и  $I_{ia}$ . Срок окупаемости  $T_i$  определяют по формуле

$$T_i = \frac{K_{ir} + K_{ic} - K_{ia}}{I_{ia} - I_{ir} - I_{ic}} \quad (21)$$

Когда водохозяйственный комплекс состоит из  $n$  участников, то срок окупаемости для гидроузла в целом рассчитывается по зависимости

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (K_{ir} + K_{ic}) - \sum_{i=1}^{i=n} K_{ia}}{\sum_{i=1}^{i=n} I_{ia} - \sum_{i=1}^{i=n} (I_{ir} + I_{ic})} \quad (22)$$

В настоящее время широко используется такой показатель сравнительной экономической эффективности, как минимум приведенных затрат.

Величина приведенных затрат \*  $Z_a$  по варианту а есть сумма ежегодных издержек производства (себестоимости продукции)

\* Некоторые специалисты величину  $Z_a$  называют «расчетными» затратами, сохраняя термин «приведенный» для учета фактора времени.

$I_a$  и капиталовложений  $K_a$ , приведенных к одинаковой размерности в соответствии с нормативом эффективности  $E_n$ :

$$Z_a = E_n K_a + I_a. \quad (23)$$

Из рассмотренных вариантов, находящихся в условиях технической и экономической сопоставимости, наиболее экономичным будет вариант  $j$ , обеспечивающий условие  $Z_j = \min$ .

Формулой (23) можно пользоваться, если капиталовложения производятся в течение одного года, а величина  $I_a = \text{const}$  за весь период нормальной эксплуатации. Как правило, капитальные вложения неравномерно распределены по годам строительства, существует период временной эксплуатации комплексного гидроузла, в процессе которого ежегодные издержки производства меняются, т. е.  $I_a = \text{var}$ . Для более полного учета динамики сложного водохозяйственного комплекса целесообразно использовать формулу

$$Z_{a\tau} = E_n \sum_{t=1}^{t=t_0} K_t (1 + E_n)^{\tau-t} + \sum_{t=1}^{t=t_0} \Delta I_t (1 + E_n)^{\tau-t}, \quad (24)$$

где  $t$ ,  $t_0$ ,  $t_*$  — годы соответственно текущий, начала эксплуатации объекта, завершения временной и перехода к нормальной эксплуатации объекта;

$\tau$  — год приведения затрат;

$K_t$  — капитальные вложения в год  $t$ ;

$\Delta I_t$  — приращение ежегодных издержек в год  $t$ ;

$E_n$ ,  $E_b$  — нормативные коэффициенты соответственно эффективности капитальных вложений и приведения разновременных затрат.

Выбор  $\tau$  может быть произвольным, однако в практике проектных организаций обычно принимают  $\tau$  соответствующим году начала временной эксплуатации.

При многоотраслевом назначении водохозяйственного объекта, когда  $E_n = \text{const}$ , величину  $Z_{a\tau}$  следует вычислять по формуле

$$Z_{a\tau} = \sum_{t=1}^{t=n} \sum_{l=1}^{l=t_0} (E_n K_{t,l} + \Delta I_{t,l}) (1 + E_n)^{\tau-t}. \quad (25)$$

Рентабельность водохозяйственного комплекса  $\Theta_k$  может быть установлена из соотношения

$$\Theta_k = \frac{\bar{D}_k - \bar{I}_k}{\bar{K}_k}, \quad (26)$$

где  $\bar{D}_k$ ,  $\bar{K}_k$ ,  $\bar{I}_k$  — соответственно величины валового дохода в оптовых ценах, капиталовложения и ежегодные издержки, приведенные к базисному году  $\tau$ .

Величину валового дохода можно найти по формуле

$$\bar{D}_k = \sum \delta D_t (1 + E_n)^{\tau-t}, \quad (27)$$

где  $\delta D_t$  — приращение дохода в год  $t$  по сравнению с предыдущим годом.

Водохозяйственный комплекс следует считать рентабельным, если  $\mathcal{E}_k > \mathcal{E}_{p.н.}$ , где  $\mathcal{E}_{p.н.}$  — нормативная величина коэффициента рентабельности.

Обычно развитие отдельных участников водохозяйственного комплекса происходит неравномерно, что сказывается также и на расходовании средств. Как правило, значительно быстрее других развиваются гидроэнергетика, водоснабжение, рыбное хозяйство, а также успешно осуществляется комплекс мероприятий по борьбе с наводнениями. Более медленно идет освоение ирригационного фонда, развитие водного транспорта и лесосплава, использование водохранилищ для нужд здравоохранения и туризма. В соответствии с этим для данной группы участников водохозяйственного комплекса приходится осуществлять дополнительные капиталовложения.

### § 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ МЕЖДУ УЧАСТНИКАМИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА. СЕБЕСТОИМОСТЬ

Вопросам распределения затрат между различными отраслями народного хозяйства, участвующими в создании и использовании водохозяйственных комплексов, посвящен ряд исследований. Некоторые специалисты считают, что это распределение влияет на экономическую целесообразность осуществления конкретного водохозяйственного комплекса для той или иной отрасли народного хозяйства. Подобное мнение нельзя признать правильным, ибо экономическая эффективность каждого комплекса должна оцениваться для всего народного хозяйства. Если водохозяйственный комплекс является эффективным в целом, то затраты между отдельными его участниками должны распределяться так, чтобы каждый из них получал соответствующую выгоду.

Распределение капиталовложений между участниками водохозяйственного комплекса является до некоторой степени условным. Это объясняется тем, что при создании комплекса его строительство финансируется одним ведущим участником из государственного бюджета.

Распределение затрат по участникам водохозяйственного комплекса необходимо для суждения об эффективности производства в пределах отрасли. При установлении наиболее рационального состава водохозяйственного комплекса и определении его эффективности предполагается, что все участники его экономически оправданы, но степень их влияния на общую эффективность комплекса различна. Последнее обстоятельство может проявиться и при распределении затрат между ними. Распределение капиталовложений и текущих издержек производства от-

ражается на себестоимости продукции, производимой участниками комплекса, и на относительной эффективности каждого из них по сравнению с заменяемым вариантом.

Ранее было отмечено (см. гл. 7, § 2), что все затраты (капиталовложения и текущие издержки) разделяются на две группы: общие и отраслевые.

Первая группа затрат распределяется между всеми участниками комплекса. Отраслевые затраты разделяются на две части. Одна из них распределяется между всеми участниками, а другая относится только к отдельным из них. К числу отраслевых сооружений могут быть отнесены судоходные шлюзы, совмещенные здания гидростанций, водозаборы для орошения, обводнения и водоснабжения, рыбоходы и др. Основные параметры этих сооружений устанавливаются не только исходя из запросов того или иного участника водохозяйственного комплекса; но и в соответствии с особенностями компоновки данного гидроузла в целом.

Обычно разделение отраслевых затрат бывает необходимым, когда запросы того или иного участника, использующего данное сооружение, могли бы быть разрешены при меньших капиталовложениях в него. При необходимости разделения затрат поступают следующим образом. Подсчитывается сумма капиталовложений в отраслевое сооружение, которая обеспечивает удовлетворение потребностей данного участника комплекса. Так устанавливается частичная стоимость определенного отраслевого сооружения. Вторая часть затрат, относящаяся к общим или комплексным затратам на гидроузел, может быть найдена как разница между стоимостью отраслевого сооружения гидроузла и ранее установленной стоимостью, приходящейся на определенного участника комплекса.

В целом распределение затрат между компонентами водохозяйственного комплекса может производиться пропорционально, исходя из следующих трех положений:

- 1) натуральных показателей в виде объемов водохранилища или количества воды в кубометрах, используемых отдельными участниками;
- 2) размеров доходов, получаемых каждым участником комплекса;
- 3) экономической эффективности мероприятий, осуществленных для определенного участника комплекса.

Отметим, что первые два положения в силу некоторой неопределенности натуральных показателей, а также стоимостных характеристик не нашли достаточного практического применения.

Третье положение более обоснованно отражает общее и раздельное влияние каждого из участников на экономическую эффективность всего водохозяйственного комплекса и соответствующее этому распределение затрат.

На основе последнего положения существуют практические рекомендации, суть которых сводится к следующему. На долю каждого  $i$ -го участника комплекса приходятся соответственно следующие капиталовложения  $K_i$  и текущие или годовые издержки производства  $I_i$ :

$$K_i = K_0 \frac{Z_{\text{зам } i} - Z_{\text{отр } i}}{\sum Z_{\text{зам}} - \sum Z_{\text{отр}}} + K_{\text{отр } i}; \quad (28)$$

$$I_i = I_0 \frac{Z_{\text{зам } i} - Z_{\text{отр } i}}{\sum Z_{\text{зам}} - \sum Z_{\text{отр}}} + I_{\text{отр } i}; \quad (29)$$

где  $K_0$  — капиталовложения в общие или комплексные сооружения гидроузла, включая и затраты в отраслевые сооружения, относящиеся к общим затратам;

$I_0$  — соответственно текущие или годовые издержки производства;

$K_{\text{отр } i}$  — капиталовложения в отраслевые сооружения, приходящиеся на  $i$ -го участника комплекса;

$I_{\text{отр } i}$  — соответственно текущие или годовые издержки производства;

$Z_{\text{зам } i}$ ,  $\sum Z_{\text{зам}}$  — расчетные затраты в заменяемые объекты соответственно для  $i$ -го участника и для всех участников комплекса;

$Z_{\text{отр } i}$ ,  $\sum Z_{\text{отр}}$  — расчетные затраты в отраслевые сооружения комплекса.

Расчетные затраты определяют по формуле

$$Z = E_n \sum_{i=1}^{i=d} K_i + \sum_{a=1}^{a=T} I_a, \quad (30)$$

где  $E_n$  — нормативный коэффициент сравнительной эффективности;

$d$  — число лет;

$i$  — порядковый номер года за период  $d$ ;

$K_i$  — нарастающие капиталовложения, включая капиталовложения  $i$ -года;

$I_a$  — изменяющиеся годовые издержки производства за время от  $a=1$  до  $a=T$  лет.

Затраты являются расчетными величинами, так как включают в себя все капиталовложения, а не только дополнительные ДК по сравниваемым вариантам.

Отдельные затраты, в частности  $K_0$ ,  $K_{\text{отр } i}$ ,  $I_0$ ,  $I_{\text{отр } i}$ , а в ряде случаев и все являются переменными в период освоения проектной мощности водохозяйственного комплекса всеми его участниками. Поэтому величины распределяемых затрат обусловлены продолжительностью принятого расчетного периода.

Неодновременность освоения проектной мощности комплекса отдельными его составляющими влечет за собой изменение по-

казателей их эффективности и во времени, что приводит к переменной величине

$$\frac{Z_{\text{зам } i} - Z_{\text{отр } i}}{\sum Z_{\text{зам}} - \sum Z_{\text{отр}}} = \alpha \text{ в формулах (28) и (29).}$$

Ввиду того, что величины распределяемых капиталовложений и годовых издержек производства, а также значения  $\alpha$ , учитывающиеся при распределении затрат по приведенным ранее формулам не являются постоянными во времени, распределение затрат не может во всех случаях производиться за один и тот же расчетный период. Учет данного обстоятельства вызывает затруднения.

В случае значительного изменения величины  $\alpha$  во времени и при сроке освоения проектной мощности водохозяйственным комплексом свыше 10 лет надлежит произвести перераспределение затрат между его участниками. Это должно быть сделано не позже конца периода освоения  $m$  проектной мощности комплекса всеми его составляющими.

Одной из основных задач планового социалистического хозяйства является снижение себестоимости.

Себестоимость может быть производственной и полной. В производственную входят все затраты данного предприятия на изготовление соответствующей продукции или выполнение определенной работы. Полная себестоимость включает еще и дополнительные затраты, связанные со сбытом и дальнейшим использованием продукции.

Например, производственную себестоимость электроэнергии, получаемой на шинах гидростанции, можно назвать станционной, а полная себестоимость ее будет включать расходы, связанные с транспортировкой энергии по линиям электропередачи и распределением ее между различными потребителями.

На оросительных и обводнительных системах, а также при водоснабжении промышленности и коммунального хозяйства производственная себестоимость воды называется системной. Она исчисляется как частное от деления всех издержек водохозяйственной системы на количество воды, получаемой водопользователями. Для расчета полной себестоимости следует к системной добавить издержки, связанные с транспортировкой и распределением воды внутри данного хозяйства или предприятия.

При орошении полная себестоимость 1 м<sup>3</sup> воды, используемого на поле, значительно больше системной себестоимости. Достаточно сказать, что при самотечном заборе воды системная себестоимость не превышает 0,3 коп., а полная колеблется в пределах 0,6—2 коп. за 1 м<sup>3</sup> (для водоснабжения 3—8 коп.).

Следует отметить, что в условиях водохозяйственных комплексов в полную себестоимость входят не только издержки производства и расходы, связанные с транспортировкой и



распределением полученного продукта, но и потери энергии или воды в пути. С помощью ряда методических указаний можно определить себестоимость 1 т груза, перевезенного водным путем, 1 ц рыбы, выращенной в условиях водохозяйственного комплекса, и т. д.

При проектировании новых комплексов и различных сопутствующих им предприятий определяют проектную себестоимость, которая характеризует экономическую целесообразность намеченных мероприятий. Для действующих объектов различают плановую и фактическую себестоимость. Первая из них устанавливается на основе планируемого объема производства и соответствующих ему затрат. Фактическая, или отчетная, себестоимость подсчитывается по итогам выпуска продукции. Сопоставление плановых и отчетных данных дает возможность судить об эффективности работы предприятия.

Весьма важно знать структуру себестоимости, которая представляет собой процентное соотношение различных элементов затрат или статей расходов.

Одной из основных особенностей водохозяйственных комплексов являются значительные амортизационные отчисления, которые составляют от 20 (для водоснабжения) до 80% (для гидроэнергетики) полной себестоимости, в то время как для промышленности, строительства и сельского хозяйства эти отчисления не превышают 5—8%. Вместе с тем водохозяйственные объекты характеризуются очень малыми затратами на топливо и различные материалы. Если для промышленных и строительных объектов расходы по этим статьям достигают 50—70%, то в условиях водохозяйственных систем они не превышают 10—20%, а для гидростанций составляют всего лишь 1%.

Как уже отмечалось ранее, снижение себестоимости является одной из важнейших задач социалистической экономики. Решение этих задач должно осуществляться на всех этапах: в процессе проектирования, строительства и последующей эксплуатации. Всесторонне обоснованный проект, выполненный с учетом последних достижений науки и техники, на основе технико-экономического сравнения ряда вариантов, в сочетании с прогрессивной организацией и технологией строительства отдельных объектов гидроузла, является залогом невысокой себестоимости производства различных видов продукции. Безусловно, что эффект достигнутого может быть надежно закреплен и улучшен при условии хорошо организованной эксплуатации водохозяйственных объектов. Этого можно достичь в результате сокращения непроизводительных потерь воды, подаваемой для орошения и водоснабжения, уменьшения затрат на очистку каналов от наносов и растительности, надежной работы сооружений инженерной защиты, предотвращающих затопление и подтопление территорий и т. п. Большое значение имеет своевременное предотвращение возможных нежелательных последствий создания

водохранилищ, в особенности нормализация их гидрохимического и гидробиологического режимов. Существенную роль в снижении себестоимости играют автоматизация и телемеханизация управления сооружениями водохозяйственного комплекса, развитие внутри него новейших средств передвижения и связи, а также неуклонное повышение производительности труда обслуживающего персонала.

#### § 4. ВОПРОСЫ КОМПЕНСАЦИИ НЕКОТОРЫХ УЩЕРБОВ ПРИ СОЗДАНИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Создание большинства водохозяйственных комплексов связано с образованием водохранилищ, общая площадь которых непрерывно возрастает. В соответствии с имеющимися проектными проработками в ближайшие 20—25 лет площадь зеркала всех водохранилищ может превысить площадь всех внутренних водоемов СССР (за исключением Каспийского и Аральского морей). При этом неизбежно в зону затопления попадают различные объекты и угодья. Их можно разделить на соответствующие категории:

- 1) населенные пункты и промышленные предприятия;
- 2) железные и шоссейные дороги, линии электропередачи, нефте- и газопроводы;
- 3) объекты и памятники, представляющие культурно-историческую ценность;
- 4) лесные угодья;
- 5) сельскохозяйственные земли.

Вопрос о переносе населенных пунктов и промышленных объектов решают на основе существующих нормативов. Для этого производятся тщательный учет и оценка всех зданий, попадающих в зону затопления, а иногда и подтопления. На основе их выполняются сметно-финансовые расчеты, позволяющие установить затраты, связанные с переносом всех объектов на более высокие отметки. Предусматривается и денежное возмещение за отдельные здания, которые невозможно восстановить.

Одновременно с разработкой мероприятий по переносу населенных пунктов и промышленных предприятий составляются проекты их инженерной защиты. В результате сравнения этих решений предпочтение отдают наиболее экономичному варианту.

Порядок перемещения из зоны затопления объектов, относящихся ко второй категории, аналогичен методике, изложенной для населенных пунктов и промышленных предприятий. При этом инженерная защита их может быть предусмотрена лишь в крайне ограниченных случаях.

Иногда переносимые объекты, относящиеся к первым двум категориям, бывает целесообразно восстанавливать на новой территории в прежнем виде, и поэтому производится их реконструкция, на что затрачиваются дополнительные средства. И хотя

причиной этого является создание водохранилища, отнесение дополнительных затрат на него было бы неправильно. Поэтому такие расходы следует возлагать на те отрасли народного хозяйства, к которым принадлежат объекты, намеченные к перемещению.

Вопрос об объектах и памятниках, представляющих культурно-историческую ценность и попадающих в зону затопления, решается в каждом случае отдельно. Возможны устройство оградительных сооружений, перенос объектов на новое место или воссоздание их в реконструированном виде и т. п. Все намечаемые мероприятия учитываются соответствующими сметно-финансовыми расчетами.

Трансформация лесных угодий при образовании водохранилищ производится путем лесосводки и лесоочистки. Первая из них заключается в вырубке и трелевке деловой древесины. Под второй подразумевается удаление мелколесья, кустарника и отдельных деревьев, не представляющих особой ценности. Кроме того, в лесоочистку входят корчевка и частичное спиливание пней. В сметно-финансовые расчеты обычно включают затраты по лесоочистке, так как стоимость лесосводки, как правило, не превышает доходов от реализации товарного леса. По-видимому, в дальнейшем будет более правильно учитывать потенциальные возможности мелколесья, часть которого в естественных условиях перешла бы в категорию товарного леса значительно быстрее по сравнению с молодыми посевами леса на искусственных делянках.

Наиболее сложным при создании водохранилищ является вопрос об экономической оценке затопляемых сельскохозяйственных земель. Средства, необходимые для компенсации ущерба от затопления, составляют значительную часть капиталовложений, предусмотренных для подготовки водохранилища, что существенно отражается на экономической эффективности многих гидроузлов, в особенности сооружаемых на равнинных реках.

Определение стоимости различных народнохозяйственных объектов, попадающих в зону затопления, может быть выполнено с достаточной степенью точности. Гораздо сложнее экономически оценить сельскохозяйственные фонды, подвергающиеся затоплению.

Затопленные сельскохозяйственные угодья и лесные площади являются безвозвратными потерями земельного фонда для сельского и лесного хозяйства. В связи с крайней ограниченностью сельскохозяйственного земельного фонда этот вопрос имеет особую важность, особенно если учесть непрерывно увеличивающийся масштаб мероприятий, проводимых по охране окружающей природной среды. Заметим, что земля, находясь под водой, начинает выступать в новом качестве. Она обеспечивает получение дополнительных доходов в виде электроэнергии, вырабатываемой гидростанциями; рыбной продукции, выращенной

в водохранилище; большего количества грузов, перевезенных водным путем, и т. п.

По вопросам компенсации подвергшихся затоплению сельскохозяйственных площадей существует много противоречивых предложений, которые можно разделить на две группы:

1) полное возмещение всех угодий, утрачиваемых в результате создания водохранилища;

2) частичное возмещение земель, затапливаемых водохранилищем. В первой группе следует различать четыре возможных способа для разрешения поставленных задач;

а) восстановление земельного фонда путем освоения новых площадей из расчета «гектар за гектар» или путем расчета эквивалентным методом, когда все утрачиваемые земли переводятся в условную пашню;

б) восстановление теряемой сельскохозяйственной продукции за счет введения в оборот новых площадей или улучшения остающихся угодий. В результате за счет осуществленных мероприятий должна быть получена равнозначная сельскохозяйственная продукция в количественном выражении либо по сумме общего дохода;

в) интерпретация валового продукта, чистого дохода или дифференциальной ренты через капитальные вложения, исходя из нормативного коэффициента эффективности, с учетом затрат на освоение новых земель и восстановление хозяйств;

г) компенсация общественной стоимости земли, равной затратам на ее освоение.

Принципиальная сущность второй группы предложений заключается в том, что в пределах бассейна или района данного водохранилища восстановление утраченной сельскохозяйственной продукции может не планироваться. Эта задача входит в общегосударственный план развития сельского хозяйства. В результате же образования водохранилища должны быть созданы благоприятные условия для развития сельскохозяйственного производства. Вопрос освоения новых площадей может возникнуть только в случае необходимости получения продукции со значительно меньшими затратами.

Расчеты, выполненные на основе упомянутых выше предложений, дают резко отличающиеся друг от друга результаты, что затрудняет их использование.

По сравнению с другими способами эквивалентный метод характеризуется большей объективностью и простотой. Суть его заключается в том, что все земли, намеченные к затоплению, подвергаются тщательному обследованию. При этом пашня среднего качества принимается за единицу, земли, лучше ее по качеству, получают коэффициенты соответственно 1,1; 1,2; ...; 1,5 и т. д., а худшие угодья — соответственно 0,9; 0,8; ...; 0,3 и т. д.

Умножая площади отдельных затопляемых земель на эти коэффициенты, можно получить размеры территории, приведенной к пашне среднего качества. Указанные коэффициенты применяются и для вновь осваиваемых площадей, для которых впоследствии выделяются средства, необходимые для восстановления производства сельскохозяйственной продукции. Помимо единовременных затрат, на это должны быть предусмотрены соответствующие ежегодные издержки производства.

Изложенное показывает, что вопросы, касающиеся компенсации затопляемых сельскохозяйственных и лесных угодий, должны получить исчерпывающее обоснование в единой методике. При этом нужно учесть следующие требования:

1) все земли, намеченные к затоплению, должны быть подвергнуты тщательной количественной и качественной оценке. Одновременно надлежит учесть по различным видам всю продукцию, получаемую в современных условиях и возможную в будущем, а также величины дохода, утрачиваемого как землепользователями, так и государством;

2) экономическая оценка теряемого земельного фонда должна быть хорошо обоснована, что даст возможность более правильно оценить государственные затраты по восстановлению сельскохозяйственного производства на новых площадях;

3) должны быть тщательно проанализированы все положительные и отрицательные последствия создания водохранилищ, с тем чтобы более объективно установить величину чистого дохода, теряемого государством;

4) должны быть разработаны принципиальные положения по компенсации затрат на восстановление утрачиваемого земельного фонда за счет соответствующих участников водохозяйственного комплекса или за счет специальных дополнительных ассигнований из государственного бюджета.

## Глава 8. ВАЖНЕЙШИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СССР

### § 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА РСФСР, БЕЛОРУССИИ И РЕСПУБЛИК ПРИБАЛТИКИ

Северо-Запад РСФСР, республики Прибалтики и Белоруссия характеризуются достаточными водными ресурсами для развития народного хозяйства.

Из экономического потенциала гидроэнергетических ресурсов Северо-Западного района, составляющих около 43 млрд. кВт·ч в год, в настоящее время используется около 25%. В дальнейшем будет продолжено использование рек Кольского полуострова, в первую очередь Поноя и Иоканги, Кеми, Нижнего Выга и Суны в Карельской АССР, ряда северных рек, в том числе Северной Двины, Онеги, Сухоны и др. Для покрытия потребности в пиковой энергии на Карельском перешейке возможно строительство гидроаккумулирующих электростанций. Гидроэнергетические ресурсы Прибалтийских республик и Белоруссии не превышают 7 млрд. кВт·ч в год, из них используется не свыше 20%. В перспективе возможно строительство нескольких гидроэлектростанций на реках Западная Двина и Неман. Гидроузлы на Немане должны войти в состав проектируемого водного пути Балтийское море — Черное море.

Большинство сельскохозяйственных площадей рассматриваемой зоны находится в состоянии избыточного увлажнения, и здесь по-прежнему должны проводиться мелиоративные работы. В первую очередь это относится к Ленинградской, Псковской и Новгородской областям, Карельской АССР, Латвийской ССР, Литовской ССР и Белоруссии. Наиболее крупные осушительные работы будут продолжаться в Полесской низменности. Весьма важно дальнейшее развитие польдерного осушения в Калининградской области, в низовьях Немана и в некоторых районах Латвии. Намечается осуществление комплекса инженерных мероприятий по защите городов Ленинграда и Архангельска от наводнений.

В связи с возрастающим загрязнением водотоков и водоемов сточными промышленными и коммунальными водами большую роль приобретают работы, связанные с охраной водных ресурсов в Ленинградском экономическом районе, Эстонии, некоторых районах Литвы и Латвии.



Развитие водоснабжения городов и населенных пунктов, а также промышленных предприятий в рассматриваемой зоне не вызывает особых затруднений. Лишь в отдельных случаях должны быть созданы сравнительно небольшие водохранилища, как это было выполнено для водоснабжения Литовской ГРЭС и некоторых других промышленных объектов. В связи с возможным дефицитом воды в Минской области будет завершено строительство Вилейско-Минской водной системы.

Серьезное внимание будет уделяться дальнейшему расширению рыбоводных хозяйств, в первую очередь за счет использования прудов и искусственных водоемов с чистой водой. Такие хозяйства уже получили большое распространение в Латвии, Литве, Ленинградской и Псковской областях.

В последующие годы резко возрастет роль Северо-Западного района в общей проблеме перераспределения водных ресурсов в европейской части СССР. Среднегодовой сток Печоры, Северной Двины, Мезени, Онеги и ряда других рек, впадающих в Баренцево и Белое моря, достигает  $300 \text{ км}^3$  и используется в настоящее время не более чем на 2%. Поэтому реальна возможность переброски значительных объемов воды в южные и юго-западные районы, где ощущается большая нехватка водных ресурсов. В связи с этим в перспективе в пределах северной части рассматриваемой зоны намечается строительство ряда крупных комплексных гидроузлов.

## § 2. ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УКРАИНЫ И МОЛДАВИИ

На территории этих республик находятся бассейны рек Днепра, Южного Буга, Днестра и Прута. Сток их для среднего по водности года равен  $72 \text{ км}^3$ , а для маловодного с обеспеченностью 95% — снижается до  $40 \text{ км}^3$ . Водные ресурсы распределены по территории довольно неравномерно: северные районы располагают достаточными объемами воды, в то время как южные и юго-западные начинают испытывать водный дефицит, особенно в связи с интенсивным развитием орошаемого земледелия.

Экономические гидроэнергетические ресурсы в бассейнах упомянутых выше рек оцениваются около 35 млрд. кВт·ч в год, из которых используется примерно 20 млрд. кВт·ч. Центральное место в использовании водной энергии занимает р. Днепр с каскадом из шести комплексных гидроузлов, которые образуют водохранилища общим полезным объемом около  $17 \text{ км}^3$ . Хотя годовая выработка этих гидростанций в общем энергетическом балансе Украины незначительна, они играют большую роль в покрытии пиковой и полупиковой частей графика нагрузки энергосистемы и обеспечивают регулирование стока для водоснабжения, орошения и судоходства.

Практически экономические гидроэнергоресурсы Днепра следует считать использованными. Дальнейший интерес представляет создание каскада гидростанций в среднем течении Днестра и в верховьях Прута, которые будут обладать хорошими энергоэкономическими показателями.

Рост потребностей в водоснабжении населения и промышленности в северных районах Украины не встречает особых затруднений, за исключением отдельных случаев, когда требуется создание небольших водохранилищ или строительство водопроводных линий. Значительно сложнее эти вопросы решаются в центральной части и на юге республики. В более лучшем положении здесь находится ряд крупных тепловых электростанций и промышленных объектов, расположенных на берегах днепровских водохранилищ. Гораздо хуже обстоит дело с водообеспечением больших густонаселенных промышленных районов, к числу которых относятся Донбасс, Криворожский район и др. На протяжении последних лет были выполнены большие работы по строительству крупных каналов Северский (Северный) Донец — Донбасс и Днепр — Кривой Рог, сооружается канал Днепр — Донбасс, по которому ежегодно будет подаваться 3 км<sup>3</sup> днепровской воды. Кроме того, намечается строительство канала Днепр — Ингулец — Ингул и расширение Северо-Крымского канала, что необходимо для дальнейшего развития орошения в Северном Крыму.

Можно считать, что после сооружения указанных каналов задачи водоснабжения и водоотведения для названных промышленных районов будут в значительной степени решены. Однако при этом не окажется сколь-нибудь значительных резервов воды для водообеспечения новых предприятий, которые могут появиться в конце XX века. Поэтому в перспективе понадобится изыскивать дополнительные источники водоснабжения.

В степной зоне Украинской ССР находится около половины всех сельскохозяйственных площадей, которые дают до 60% республиканского сбора пшеницы. В этой зоне засухи происходят через год, а в приморских районах почти ежегодно. Наличие весьма плодородных почв позволяет рассматривать возможность доведения площади орошаемых земель в степной зоне до 2 млн. га и более, что пока из-за крайне ограниченных водных ресурсов малореально. Уже в ближайшие годы в связи с интенсивным развитием промышленности и сельского хозяйства безвозвратные потери воды в бассейне Днепра могут возрасти более чем в 3 раза, и сток его, особенно в маловодные годы, окажется недостаточным для покрытия все увеличивающихся потребностей в воде.

Во избежание дальнейшего засоления Днепровско-Бугского лимана черноморской водой целесообразно осуществить здесь строительство гидроузла, в составе которого намечены земляная плотина, судоходные шлюзы и рыбопропускные сооружения.

Для того чтобы не нарушить нормальную жизнь ихтиофауны в отсеченной от моря части лимана, понадобится провести обширные исследования. Нижнеднепровский гидроузел позволит уменьшить попуски воды из вышерасположенных водохранилищ, необходимые для борьбы с засолением воды в лимане.

Весьма напряженными будут водохозяйственные балансы в бассейнах рек Южный Буг и Днестр, где, по предварительным данным, безвозвратные потери воды в последующие годы могут возрасти в 5—6 раз, и для данных рек также понадобится пополнение водных ресурсов. Этому должны предшествовать мероприятия по регулированию стока проектируемыми гидроузлами. В первую очередь должны быть построены на р. Днестре Могилев-Подольский, Унижский и Жванчикский гидроузлы, которые образуют водохранилища полезными объемами около 3 км<sup>3</sup>. В составе каждого гидроузла намечается создание гидроэлектростанции.

Проблема борьбы с засолением Днестровского лимана в устьевом участке реки предположительно будет решена так же, как и Днепровско-Бугского лимана. В связи с периодическими наводнениями в г. Кишиневе понадобится осуществление комплекса защитных мероприятий.

Для большинства районов Украины и Молдавии весьма актуальными являются меры по совершенствованию методов очистки сточных вод, с тем чтобы сократить загрязнение водоемов и водотоков.

В обозримой перспективе, при увеличении орошаемых площадей на Украине и в Молдавии до 2,7 млн. га и росте потребностей в воде всех отраслей народного хозяйства в маловодный год с обеспеченностью 95%, ежегодный дефицит воды составит 5—8 км<sup>3</sup>. При дальнейшем росте водопотребления этот дефицит будет соответственно увеличиваться. Выход из создавшегося положения может быть найден только за счет переброски стока из бассейнов северных рек, а также путем использования части стока в низовьях р. Дуная.

### § 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В БАСЕЙНЕ ВОЛГИ, КАМЫ, ДОНА И УРАЛА

Рассматриваемая зона является наиболее населенной частью СССР, здесь находится основная часть промышленного и сельскохозяйственного производства. Распределение водных ресурсов внутри нее характеризуется большой неравномерностью. В середине зоны водообеспеченность вполне достаточная и достигает 4000—5000 м<sup>3</sup> воды на человека в год. Однако на водораздельных участках обеспеченность значительно ниже и не превышает 1500—2000 м<sup>3</sup>. Особо неблагоприятные условия сложились в Уральском экономическом районе, который густо на-

селен, имеет большую концентрацию промышленных предприятий и чрезвычайно беден водными ресурсами.

Основной водной артерией в этой зоне является Волга со среднемноголетним стоком  $243 \text{ км}^3$ . По сравнению с концом прошлого века водность ее сократилась примерно на 20%, что объясняется весьма длительной фазой маловодья, охватившей большую часть европейского континента, а также резко возросшими потерями при орошении земель, водоснабжении и испарении с поверхности созданных водохранилищ.

В современных условиях общий полезный объем всех волжских и камских водохранилищ составляет одну треть среднемноголетнего стока Волги, что дает возможность осуществлять планомерное регулирование ее ресурсов для удовлетворения потребностей участников водохозяйственных комплексов. Это получит дальнейшее развитие после завершения строительства Чебоксарского гидроузла на р. Волге и Нижнекамского на р. Каме с водохранилищами общим полезным объемом около  $10 \text{ км}^3$ . Мощность двух гидростанций в составе этих гидроузлов комплексного назначения составит примерно 2500 МВт. В дальнейшем несколько выше Куйбышевского гидроузла возможно строительство Переволокской ГЭС мощностью 1800 МВт, которую намечено расположить на деривационном канале в районе так называемой Самарской луки. Переволокская ГЭС явится пиковой гидростанцией, она будет использовать напор Куйбышевского гидроузла. Судходный шлюз в составе Переволокского гидроузла позволит сократить путь судам, следующим по Волге.

В свое время рассматривалась целесообразность строительства Нижневолжского комплексного гидроузла, в составе которого намечалась ГЭС мощностью около 1500 МВт. Однако возведение его могло причинить существенный ущерб сельскому и рыбному хозяйству в низовьях Волги, вследствие чего осуществление этого проекта было отложено.

С целью создания лучших условий для нереста рыб в низовьях Волги построен вододельитель вблизи г. Астрахани.

При завершении намеченной схемы комплексного использования Волги и Камы (без учета Переволокского гидроузла) на них будут функционировать двенадцать гидростанций общей мощностью свыше 12 млн. кВт при ежегодной выработке до 46 млрд. кВт·ч. Одновременно создаются предпосылки для организации Единой водно-транспортной системы европейской части СССР и улучшатся условия регулирования и использования стока.

При рассмотрении перспектив развития различных отраслей водного хозяйства было установлено, что для Волжско-Камского бассейна водохозяйственные балансы будут довольно напряженными. Это вызвано рядом причин, среди которых наиболее важные — связанные с потреблением больших объемов воды.

Площадь сельскохозяйственных угодий в Среднем и Нижнем Поволжье равна примерно 40 млн. га, из которых около половины приходится на долю пашни. В этих районах сосредоточено до 10% всей площади зерновых. Разработанная схема орошения Поволжья предусматривает искусственное увлажнение 3,5 млн. га пахотных земель с последующим расширением их до 6 млн. га. Тем самым будет создана наиболее крупная база по устойчивому производству зерна. В современных условиях в среднем и нижнем течении р. Волги орошается около 300 тыс. га, на что расходуется ежегодно примерно 2,2 км<sup>3</sup>. При увеличении орошаемых площадей до 2 млн. га (что соответствует программе первой очереди) забор воды для этих целей уже достигнет 15 км<sup>3</sup>, а в перспективе — еще большего количества.

Значительные объемы воды потребуются для водоснабжения городов, населенных пунктов и промышленных предприятий. Ориентировочно они превысят 5 км<sup>3</sup> в год. При решении этих задач особо следует выделить Московскую и сопредельные с ней области, Тульско-Новомосковский, Ивановский и Орловский промышленные районы. Сюда же относятся Свердловская и Челябинская области. Водообеспечение этих районов будет идти путем создания местных водохранилищ и строительства водопроводных линий.

Водоснабжение Москвы проектируется расширить за счет повышения производительности насосных станций на канале им. Москвы, а также использования стоков рек Вазузы и Оки. В связи с этим предполагается строительство канала Ока—Москва. Одновременно намечается шире использовать окские пойменные земли для сельского хозяйства.

Для обеспечения потребностей в воде одного из крупнейших промышленных районов — Курской магнитной аномалии — проектируется перебросить сток из р. Дона при условии подпитывания его верховьев подачей воды из р. Оки (рис. 37).

Вопрос о размерах попуска воды в низовья р. Волги для удовлетвори-

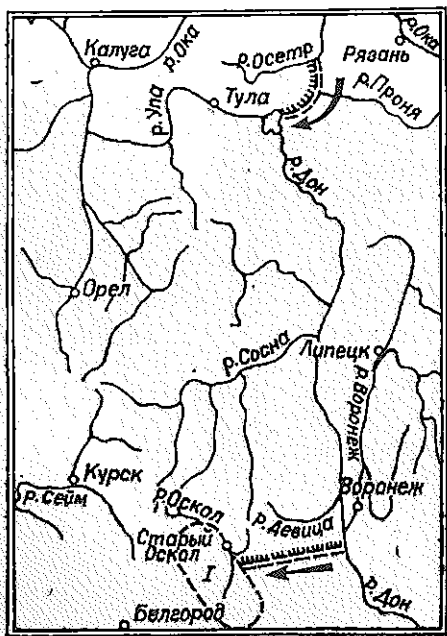


Рис. 37. Схема водоснабжения района Курской магнитной аномалии (I)

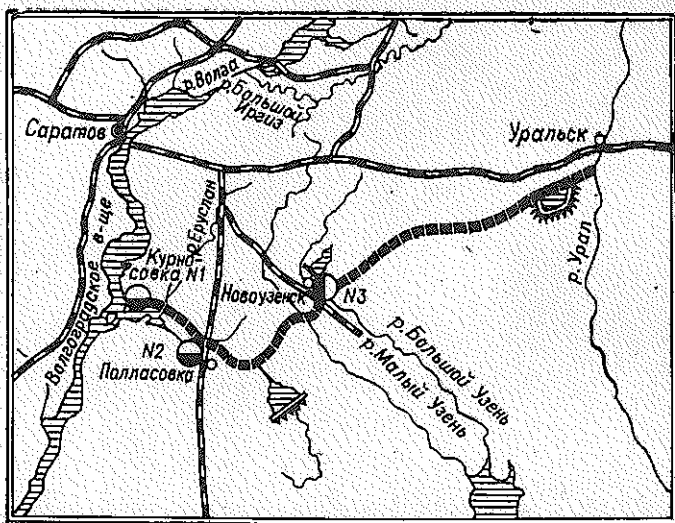


Рис. 38. Схема канала Волга—Урал

ния нужд рыбного хозяйства пока еще не получил достаточного обоснования. Для всемерного сокращения этих попусков необходимо строительство ряда регулирующих сооружений в дельте р. Волги, к числу которых относится указанный выше вододельитель. По ориентировочным расчетам для обеспечения потребностей нерестово-выростных и рыбоводных хозяйств понадобится не менее  $3 \text{ км}^3$  воды в год.

В связи с возрастающим засолением Азовского моря и сокращением вследствие этого уловов рыб рассматривается вариант подпитывания р. Дона волжской водой в объеме  $5 \text{ км}^3$  в первую очередь и в перспективе до  $10 \text{ км}^3$  в год. Для этого потребуются построить несколько насосных станций в пределах восточного склона Волго-Донского судоходного канала, а в дальнейшем — вторую нитку канала.

Кроме того, необходимо решить проблему водообеспечения в северной части Прикаспийской низменности, где местные водные ресурсы крайне ограничены и находятся в засоленном состоянии. В перспективе значительная часть пространства между р. Волгой и низовьями р. Урала может быть использована для скотоводства при условии проведения обводнительных мероприятий. Наиболее радикальным решением является канал Волга—Урал, забор воды в который намечено осуществлять из Волгоградского водохранилища (рис. 38). Из основного канала предполагается подавать воду в ряд распределителей для водоснабжения сельских населенных пунктов и водопоя скота. Значительные объемы воды предназначены также для обводнения



низовьев р. Урала с целью поддержания их в надлежащем санитарном состоянии и обеспечения потребностей рыбного хозяйства. Для решения всех этих вопросов ежегодно потребуется 4—10 км<sup>3</sup> волжской воды.

Следует также заметить, что рост безвозвратных потерь в бассейне р. Волги, наблюдающийся в основном в летне-осенний период, приводит к чрезмерной сработке уровней водохранилищ. Это, в свою очередь, снижает гарантированную среднезимнюю мощность в пределах всего каскада гидростанций. В перспективе потери могут превысить 1000 МВт, что практически будет означать выключение из энергосистемы такой гидростанции, как Воткинская или Нижне-Камская. Во избежание этого необходимы дополнительные объемы воды.

Уже в настоящее время в верховьях р. Волги ощущается дефицит водных ресурсов, из-за чего приходится ограничивать интересы ряда водопользователей.

Все изложенные обстоятельства свидетельствуют о крайней необходимости перераспределения речного стока в европейской части СССР, в первую очередь за счет переброски воды из северных рек в бассейны Камы и Волги.

Среднегодовой сток р. Дона равен 29,5 км<sup>3</sup>. Однако за последние годы водность его заметно сократилась, что связано с интенсивным ростом водопотребления в верховьях бассейна, где имеется много промышленных предприятий, а также в среднем и нижнем течениях — в местах расположения орошаемых площадей. Основная часть донского стока зарегулирована Цимлянским водохранилищем полезным объемом 11,5 км<sup>3</sup>.

В современных условиях наблюдается дефицит водных ресурсов в бассейне р. Дона, что проявляется в недостаточных пусках воды из Цимлянского водохранилища в нижний бьеф для удовлетворения интересов судоходства и рыбоводства. Не всегда полностью обеспечивается подача воды для оросительных систем, площадь которых около 200 тыс. га. Кроме того, некоторая часть донского стока расходуется для шлюзования судов, следующих по Волго-Донскому каналу.

При дальнейшем росте орошаемых площадей примерно до 1 млн. га и увеличении запросов других отраслей народного хозяйства водохозяйственный баланс р. Дона будет характеризоваться дефицитом 7—10 км<sup>3</sup> в год. Как уже отмечалось ранее, этот недостаток возможно восполнить перекачкой воды из р. Волги.

Чрезвычайно неравномерно распределение водных ресурсов в Уральском экономическом районе. Так, на долю наиболее развитых в промышленном отношении Челябинской, Свердловской и Оренбургской областей приходится не более 10% стока уральских рек. Проблемы дальнейшего водообеспечения населения и промышленных объектов должны решаться путем создания нескольких десятков водохранилищ. Кроме того, надлежит улуч-

шить использование р. Чусовой и начать осуществление мероприятий по переброске в нее стока р. Уфы. Это значительно улучшит водоснабжение Свердловского промышленного района.

Удовлетворение потребностей промышленности Челябинской области намечается решить за счет создания водохранилищ в верхнем течении р. Уфы и водопроводных линий из них в р. Миасс.

Для водоснабжения восточной части области понадобится строительство Кочердыкского водохранилища на р. Тоболе. Обеспечение потребностей городов Стерлитамака, Салавата, Ишимбая, Мелиуза и Кумертау будет решено после постройки Акавазского гидроузла на р. Белой, который образует водохранилище полезным объемом около 2 км<sup>3</sup>. Помимо этого, требуется значительно расширить сеть водопроводов для водоснабжения ряда других городов.

Учитывая весьма ограниченные водные ресурсы, следует повсеместно внедрять оборотные системы водоснабжения, а также усилить деятельность по совершенствованию очистки сточных вод и оздоровлению всех рек и водоемов Урала, которые являются наиболее загрязненными.

Сток р. Урала среди всех рек СССР отличается особой неравномерностью, превышением максимальных расходов над минимальными в несколько сотен раз. Для регулирования его на реке было создано несколько водохранилищ, из которых наиболее крупным является Ириклинское полезным объемом 2,8 км<sup>3</sup>. Проектируется дополнительно ряд мелких водохранилищ. Однако эти меры не обеспечат полностью запросов всех пользователей.

Наиболее эффективным следует признать подачу дополнительного количества воды из Волги. Это позволит увеличить общий полезный объем всех водохранилищ до 8 км<sup>3</sup>; среди них наиболее крупным и первоочередным будет Галицинское.

#### § 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОКА РЕК СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И РЕСПУБЛИК ЗАКАВКАЗЬЯ

К основным рекам Северного Кавказа относятся низовья Дона, Кубань, Восточный Маньч, Кума, Терек, Сулак и Самур. Экономические гидроэнергоресурсы, в основном последних трех рек и их притоков, составляют 25 млрд. кВт·ч, из которых в настоящее время вырабатывается около 25%. На р. Сулак построена Чиркейская ГЭС мощностью 1000 МВт — самая крупная на Северном Кавказе. Проектируются ряд весьма эффективных гидростанций на реках Терек, Аварское Койсу, Сулак и Самур.

В низовьях Терека и Сулака имеется много орошаемых площадей, для нужд которых расходуются около 70% среднемноголетнего стока. Всего в бассейнах этих рек, а также Кумы, Самура и более мелких рек Дагестана можно оросить примерно

1,4 млн. га, из которых около половины приходится на долю Терека. Водные ресурсы Терека достаточны для удовлетворения потребностей орошаемых площадей, однако впоследствии потребуется создание Курпского водохранилища на правом притоке р. Курп. Возможно, что в далекой перспективе появится необходимость изыскания дополнительных путей для увеличения водоносности р. Терек. Частично это можно решить за счет создания водохранилищ с большим полезным объемом при Эльхотовской и Дарьяльской гидростанциях общим полезным объемом около 2 км<sup>3</sup> и ряде других. Не исключена также возможность подпитывания р. Терек за счет переброски стока из северных рек, и в первую очередь из р. Волги через Чограйское водохранилище на р. Восточный Маныч.

Более сложным является водохозяйственный баланс р. Сулака. Построенная на нем Чиркейская ГЭС с водохранилищем полезным объемом 1,2 км<sup>3</sup> позволяет зарегулировать примерно 22% среднегодового стока реки. Ряд других проектируемых гидроузлов (Ирганайский, Миатлинский) будут располагать значительно меньшими полезными объемами, что дает возможность осуществлять лишь суточное регулирование.

Водные ресурсы р. Сулака в ближайшие годы окажутся недостаточными для обеспечения нужд орошаемого земледелия и рыбного хозяйства, являющихся основными потребителями в бассейне этой реки. Поэтому на перспективу, по-видимому, придется несколько ограничить размеры пусков воды в низовья, необходимые для воспроизводства рыб, восполнив это нерестово-выростными и рыбоводными хозяйствами в дельте Сулака.

Краснодарский и Ставропольский края довольно бедны речным стоком, который распределен по территории весьма неравномерно. С целью его перераспределения были построены каналы Кубань-Калаусский, Терско-Кумский, Донской и некоторые другие. Большинство из них предназначено для орошения и обводнения земель.

Наиболее крупной рекой на территории рассматриваемой зоны является Кубань со среднемноголетним стоком 13,4 км<sup>3</sup>. Сток ее частично зарегулирован водохранилищем Большим, расположенным в верховьях, а также Шапсугским и Тшикским водохранилищами, построенными в среднем течении реки. Большое значение имеет Краснодарское водохранилище полезным объемом около 3 км<sup>3</sup>, которое предотвратит угрозу наводнений на расположенных ниже по течению территориях и удовлетворит запросы различных водопользователей (рис. 39). Однако при этом придется прекратить подачу воды в р. Маныч, являющийся левым притоком Дона.

В бассейне р. Кубани благодаря исключительно благоприятным природным условиям возможно оросить до 2,5 млн. га земель. Особое значение в низовьях и среднем течении реки имеет

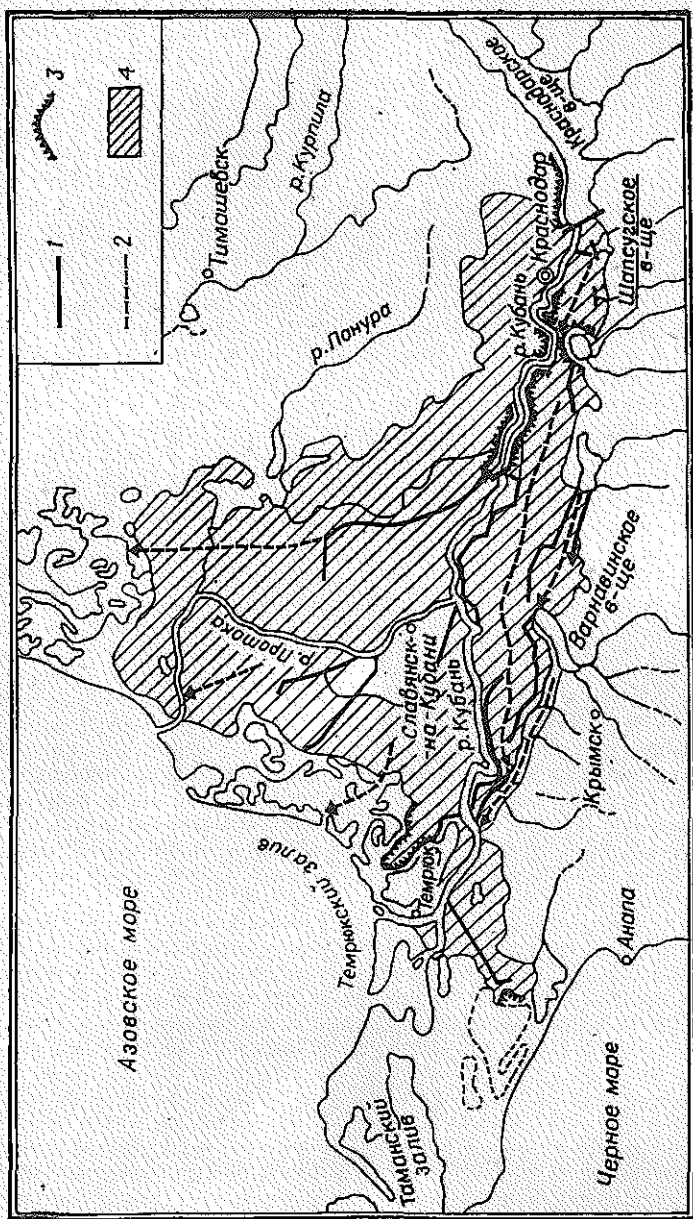


Рис. 39. Схема орошения в низовьях р. Кубани

1 — основные магистральные каналы; 2 — дамбы обвалования; 3 — главные коллекторы; 4 — площади, занятые посевами риса

возделывание риса, по производству которого Краснодарский край занимает ведущее место в стране. Весьма важно также дальнейшее развитие рыбоводства на дельтовых участках реки.

Водоохранилище Большое будет достаточным для обеспечения водопотребления в верховьях бассейна р. Кубани. С целью удовлетворения нужд Кубань-Калаусской и Кубань-Егорлыкской оросительно-обводнительных систем, а также ряда промышленных объектов Ставропольского края понадобится переброска воды из рек Большой и Малый Зеленчук.

Уже в настоящее время общее водопотребление в бассейне Кубани превышает  $8 \text{ км}^3$ , из которых 60% расходуется в интересах сельского и рыбного хозяйства. В связи с большими потенциальными возможностями орошаемого земледелия в будущем может возникнуть необходимость пополнения стока Кубани за счет переброски воды с Севера. Для этого может быть использовано Манычское понижение и, в частности, Черноярская и Сарпинская оросительные системы.

Водообеспеченность Закавказских республик незначительна, в особенности это относится к Армении и Азербайджану. В более благоприятном положении находятся западные районы Грузии, где выпадает большое количество осадков и протекают реки Кодори, Ингури и Риони, впадающие в Черное море. Самыми крупными реками Закавказья являются Кура и ее приток Аракс, на значительном своем протяжении протекающий по границе с Турцией и Ираном.

Экономические гидроэнергоресурсы Закавказских республик оцениваются в 45 млрд. кВт·ч, из них используется около одной трети. Наиболее богата водной энергией Грузия, на долю которой приходится 32 млрд. кВт·ч. В этой республике эксплуатируется много гидростанций, а в скором времени на р. Ингури должна быть закончена Ингурская ГЭС мощностью 1300 МВт с водохранилищем полезным объемом  $0,7 \text{ км}^3$ . Оно регулирует около 15% среднемноголетнего стока Ингури для гидроэнергетики и орошения земель в низовьях реки. В дальнейшем здесь возможно построить Тобарскую ГЭС мощностью 1000 МВт с водохранилищем полезным объемом  $0,6 \text{ км}^3$ . Наряду с этим проектируется ряд более мелких водоемов. Проведение указанных мероприятий обеспечит перспективные запросы ирригации, энергетики и водоснабжения.

Из гидроузлов, проектируемых на р. Риони, довольно перспективными являются Сорский и Намахванский. Мощность двух гидростанций при них составит 450 МВт, а полезный объем водохранилищ — около  $0,9 \text{ км}^3$ . В результате будет регулировано около 60% среднегодового стока Риони, что значительно упростит борьбу с наводнениями и проведение осушительных работ в Колхидской низменности. Сравнительно хорошее водообеспечение в пределах Западной Грузии позволит в дальней-

шем рассмотреть варианты переброски части стока протекающих здесь рек на восточный склон Кавказского водораздела.

Среднегодовой сток р. Куры равен 18,1 км<sup>3</sup>. На ней построен Мингечаурский гидроузел, образовавший самое крупное в Закавказье водохранилище полезным объемом 8,3 км<sup>3</sup>. Тем самым осуществилась возможность многолетнего регулирования стока для борьбы с наводнениями, орошения и гидроэнергетики. На базе Мингечаурского гидроузла в пределах Кура-Араксинской низменности должно быть орошено около 1 млн. га. Для этого построен ряд крупных каналов, в числе которых Главный Муганский, Верхнеширванский, Верхнекарабахский и др. Некоторая трудность мелиоративного освоения земель заключается в том, что значительная их часть находится в засоленном состоянии, что вызвано сложными гидрогеологическими условиями и некоторыми нарушениями в системе водопользования. Поэтому повышение эффективности орошаемого земледелия в ряде случаев сопряжено со значительными дополнительными затратами средств.

В будущем на р. Куре целесообразно построить Шамхорский и Кирзанский гидроузлы комплексного назначения с водохранилищами общим полезным объемом до 3 км<sup>3</sup> и гидростанциями мощностью 700 МВт.

На левом притоке Куры — р. Арагви осуществляется строительство Жинвальского гидроузла с водохранилищем полезным объемом свыше 0,5 км<sup>3</sup> и гидростанцией мощностью 130 МВт. Это даст возможность дополнительно оросить около 50 тыс. га и обеспечить водоснабжение г. Тбилиси с учетом его дальнейшего развития. Ниже Жинвальского гидроузла на Арагви возможно создание Мцхетской ГЭС примерно такой же мощности.

На территории Армении наиболее важной водохозяйственной проблемой является стабилизация уровня воды в оз. Севане с целью обеспечения нормальной работы Севано-Разданского каскада гидростанций и орошения в Араратской долине. Эта проблема решается посредством переброски части стока из р. Арпы.

Перспективна возможность постройки Шамбского и Спандарянского гидроузлов на р. Воротане — левом притоке р. Аракса. Тем самым будут созданы водохранилища полезным объемом до 0,3 км<sup>3</sup> для гидроэнергетики и ирригации.

В дополнение к перечисленным водохозяйственным проблемам нужно указать также на необходимость дальнейшего развития рыбоводства в дельте р. Куры, где наряду с существующими проектируется ряд новых хозяйств. Это особенно важно в связи с тем, что в низовьях реки нерестится большое количество ценных промысловых рыб.

Есть основания предполагать, что в будущем объем стока Аракса, поступающего в Куру, постепенно будет уменьшаться



в связи с увеличением водопотребления в граничащих с СССР государствами. Поэтому необходимость осуществления мероприятий, намеченных в бассейне р. Куры, является весьма актуальной.

## § 5. СХЕМЫ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

Краткий обзор основных водохозяйственных проблем в европейской части СССР показал, что для большинства рек, протекающих в бассейнах Черного, Азовского и Каспийского морей, уже в ближайшие годы начнет ощущаться значительный дефицит стока, что вызывает необходимость перераспределения водных ресурсов. Кроме того, заметно усложнились водные балансы Каспийского и Азовского морей.

Уровень Каспийского моря на протяжении последних ста лет подвергался значительным колебаниям. Наивысшая отметка его, равная —25 м, была зафиксирована в 1870 г. Существенное понижение уровня началось с 1929 г., и к 1970 г. он достиг отметки —28,5 м (рис. 40). Снижение горизонта воды в Каспийском море на протяжении последних трех десятилетий примерно на 2,5 м объясняется существенным сокращением волжского стока, вызванным общим потеплением климата. Помимо этого, сказался рост водопотребления в бассейнах Волги и других рек, впадающих в Каспийское море.

Понижение уровня воды в море привело к сокращению его площади более чем на 300 тыс. км<sup>2</sup>, в основном за счет северной мелководной части, в которой всегда обитало много пород рыб, в том числе наиболее ценных — осетровых. Обсыхание мелководных участков в сочетании с другими причинами вызвало сокращение уловов рыб более чем в два раза. Большой урон рыбному хозяйству наносит также загрязнение Волги сточными водами и нефтепромыслами. При условии стабилизации современного морского уровня и проведении необходимых мер по очистке воды возможно существенно повысить рыбопродуктивность и довести ежегодные уловы ценных рыб до 2,5—3,0 млн. ц.

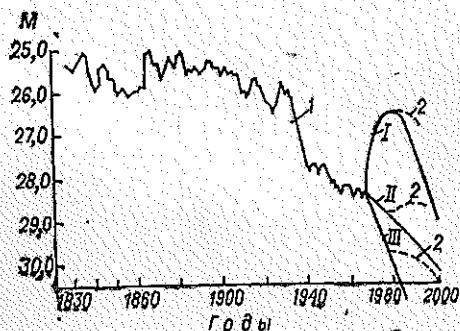


Рис. 40. График колебания уровня Каспийского моря

*I* — колебания уровня в естественных условиях; *I* — в многогодный период с обеспеченностью 10%; *II* — в средний по водности период; *III* — в маловодный период с обеспеченностью 90%; 2 — колебания уровня моря при переброске в Волгу стока северных рек в объеме 37 км<sup>3</sup> в год

Понижение уровня воды в Каспийском море усложнило судоходство в прибрежной зоне. Для обеспечения подхода судов к морским портам приходится регулярно выполнять большие объемы землечерпательных работ. Изменение гидрологического режима моря отразилось также и на других отраслях народного хозяйства.

В период наименьшего маловодья, продолжавшегося с 1929 по 1945 гг., среднегодовой дефицит притока воды в Каспийское море был равен 49 км<sup>3</sup>. В 1970—1975 гг. общий объем безвозвратного водопотребления в Каспийском бассейне превышал 30 км<sup>3</sup> в год, из которых более половины расходовалось для нужд сельского хозяйства. Ориентировочными расчетами установлено, что через 15—20 лет безвозвратные потери достигнут 70 км<sup>3</sup> в год, что вызовет дальнейшее снижение уровня моря примерно на 0,6—0,7 м, а при наступлении маловодных лет — до 1,5 м. В результате увеличится соленость в северной его части с 8 до 12‰ и сократится кормовая база ценных пород рыб, что нанесет большой вред рыбным промыслам. Существенный ущерб будет причинен морскому судоходству, нефтепромыслам и населенным пунктам, расположенным в прибрежной зоне.

Вопросам водного баланса Каспийского моря посвящено много работ. Некоторые исследователи считали необходимым обеспечить условия для повышения его уровня примерно до отметки —26 м, что соответствовало бы состоянию моря в начале 30-х годов этого столетия. Однако большинство предложений сводится к стабилизации современного положения, т. е. поддержанию уровня моря на отметках в пределах от —28 до —28,5 м, не допуская его дальнейшего снижения.

Осуществление первой группы предложений означало бы повторное затопление большой территории в северном Каспии, значительная часть которой уже используется для сельскохозяйственных целей. Кроме того, понадобилось бы изыскивать слишком большие объемы воды, подлежащие переброске в Каспийский бассейн. В связи с этим следует отметить некоторые проекты. По одному из них предлагалось прорыть канал из Черного моря в Каспийское, используя Кумо-Манычскую впадину. При разности уровней между морями около 28 м расчетный расход канала составил бы около 4000 м<sup>3</sup>/с. Основные препятствия на пути осуществления этого проекта заключаются в чрезмерно больших объемах строительных работ, а также в значительной сложности прокладки канала по интенсивно используемой в сельскохозяйственных и промышленных целях территории. Серьезные возражения вызывает также высоко минерализованная черноморская вода, которая при подаче в Каспийское море привела бы к его дальнейшему засолению и постепенному вымиранию наиболее ценных пород рыб. Правда, по одному из последних вариантов предлагалось производить забор воды из

поверхностных слоев Черного моря, которые характеризуются меньшей соленостью. Однако в целом возможность реализации данного проекта является малореальной.

Были предложения построить дамбу между полуостровом Мангышлак и западным берегом Каспийского моря. В дамбе предусматривалось расположить ряд пролетов для регулирования уровня воды в отсеченной северной части моря и судопропускные сооружения. При этом можно было бы поддерживать уровень воды в северном Каспии на прежних отметках, т. е. —26 м, без дополнительной переброски стока из других бассейнов. Однако осуществление этого проекта не приостановило бы снижения уровня воды в пределах большей части морской акватории, что продолжало бы наносить ущерб заинтересованным отраслям народного хозяйства. Кроме того, совершенно не ясен вопрос об изменении гидробиологического режима в северной замкнутой части моря и последствиях этого изменения на воспроизводстве рыб. Многие исследователи считают, что в опресненном водоеме появятся сине-зеленые водоросли и различные сорные рыбы, чем будет причинен большой ущерб условиям обитания ценных пород рыб.

Исходя из вышеизложенного, наиболее реальным для решения комплекса назревших вопросов является осуществление второй группы предложений — о поддержании уровня моря на современных отметках.

Одним из первоочередных мероприятий в этом направлении следует считать строительство регулирующего сооружения в проливе, соединяющем Каспийское море с заливом Кара-Богаз-Гол. Это даст возможность ограничить поступление воды из моря и существенно уменьшить потери на испарение из залива. По приближенным подсчетам, ежегодно будет сохранено до 5—7 км<sup>3</sup> воды.

Однако в качестве основной меры явится переброска в бассейн Каспийского моря части стока северных рек, первоначально в объеме 10—15 км<sup>3</sup>, а в последующем — около 40 км<sup>3</sup> ежегодно.

Маловодный период, характерный для Каспийского моря, присущ также и бассейну Азовского моря, которое являлось одним из наиболее рыбопродуктивных в СССР. Этому в значительной мере способствовали незначительные глубины, обеспечивавшие благоприятный тепловой режим, обильная кормовая база и достаточное количество пресной воды, поступавшей из Дона, Кубани и ряда мелких рек. При этом средняя соленость Азовского моря не превышала 10,6‰.

Соответствующий этому режиму водный баланс моря приведен в табл. 18.

Как видно из данных таблицы, испарение составляет около 40% расходной составляющей водного баланса, что объясняется малыми глубинами моря и высокой температурой воздуха.

## Водный баланс Азовского моря

Приход		Объем, км <sup>3</sup> /год	Расход		Объем, км <sup>3</sup> /год
Пресные воды					
Речной сток . . . . .		44,4	Отток в Черное море . . .		51,1
Осадки . . . . .		13,8	Отток в залив Сиваш . . .		1,4
Итого . . .		58,2	Испарение . . . . .		35,7
Соленые воды					
Приток из Черного моря		29,7			
Приток из залива Сиваш		0,3			
Итого . . .		30,0			
Общий приход		88,2	Общий расход		88,2

Непрерывный рост водопотребления в бассейнах рек Дона и Кубани сопровождается увеличением безвозвратных потерь и сокращением притока пресной воды в Азовское море. Можно ожидать, что в дальнейшем ее поступление уменьшится на 12—15 км<sup>3</sup> в год, что соответственно вызовет возрастание солености до 13—14% и резкое ухудшение условий обитания рыб. Примерные расчеты показывают, что уловы по сравнению с современным уровнем могут сократиться в 3—4 раза. Одновременно нужно заметить, что на снижение рыбопродуктивности в Азовском море большое влияние оказали загрязнение речного стока, обвалование низовьев Кубани для борьбы с наводнениями, а также отсечение многих естественных нерестилищ при проведении регулирования рек Дона и Кубани в интересах судоходства.

Повышение рыбопромыслового значения Азовского моря возможно за счет сокращения притока соленой воды из Черного моря и переброски дополнительных объемов из бассейна Волги.

Первая часть этих мероприятий осуществима путем строительства перегородивающего сооружения в Керченском проливе, ширина которого составляет 4,4 км. Это позволит ограничить поступление сильносоленой черноморской воды в Азовское море и тем самым сэкономить до 10 км<sup>3</sup> пресной воды в год. Однако перед проведением такого мероприятия следует выполнить обширный цикл исследований по прогнозу гидробиологического и гидрохимического режимов, для того чтобы не были ухудшены условия обитания ценных пород рыб.

Переброска воды из волжского бассейна предусматривается в объеме 5—10 км<sup>3</sup> ежегодно, что обеспечит поддержание солености Азовского моря на современном уровне. Одновременно для повышения его рыбопродуктивности следует принять меры по дальнейшей очистке сточных вод и оздоровлению стока рек Дона и Кубани.

В ближайшей перспективе должен быть осуществлен комплекс работ первой очереди по переброске стока северных рек в объеме 20—25 км<sup>3</sup> ежегодно. Из них около 10 км<sup>3</sup> намечается направить непосредственно в бассейн Каспийского моря, а остальное количество воды — в бассейны рек Урала, Дона, Кубани и Самура.

Приближенные водохозяйственные балансы применительно к этому периоду для основных рек европейской части СССР, протекающих в южном направлении, приведены в табл. 19. Из данных таблицы видно, что проведение первоочередных мероприятий разрешит проблемы водообеспечения в бассейнах основных рек, но вместе с тем повлечет за собой дальнейшее продолжение и развитие работ по увеличению объемов перебрасываемого стока.

Суммарный среднемноголетний сток рек, впадающих в Каспийское, Азовское и Черное моря, составляет около 400 км<sup>3</sup>.

Таблица 19

Водохозяйственные балансы основных рек южного склона европейской части СССР для маловодных лет с обеспеченностью 75% (в км<sup>3</sup>/год)

Бассейн реки	Площадь орошения, млн. га	Годовой объем стока (с учетом подземных вод)	Безвозвратное водопотребление					Попуски рыбохозяйственного, санитарного и судоводного назначения	Общая потребность в воде (суммарное безвозвратное водопотребление и попуски)	Избыток (+) или дефицит (-) стока	Баланс с учетом намеченных мероприятий
			Орошение и обводнение	Водоснабжение промышленности и населения	Рыбохозяйственные мероприятия	Испарение с поверхности водохранилищ	Суммарное водопотребление				
Волга	2,0	221,5	15,6	4,4	2,9	19,2*	42,1	168,0	210,1	+11,4	+31,4
Днепр	2,2	45,4	14,7	6,7	0,6	3,2	25,2	16,0	41,2	+4,2	+5,1
Кура	2,1	25,5**	13,9	0,8	0,7	2,5	17,9	5,5	23,4	+2,1	+2,1
Дон	0,9	21,7	6,0	2,0	0,7	2,0	10,7	21,0	31,7	-10,0	+1,7
Кубань	0,7	12,0	7,2	0,4	2,3	0,2	10,1	2,0	12,1	-0,1	-0,1
Терек и Сулак	0,9	15,4	6,4	0,7	1,9	—	9,0	4,5	13,5	+1,9	+1,9
Днестр	0,5	8,3	2,6	0,8	0,4	0,2	4,0	2,5	6,5	+1,8	+1,8
Урал	0,15	5,3	1,1	1,1	0,8	0,9	3,9	5,5	9,4	-4,1	-0,3

\* Включая переброску части воды в Дон и Урал.  
 \*\* С учетом забора воды для других государств.

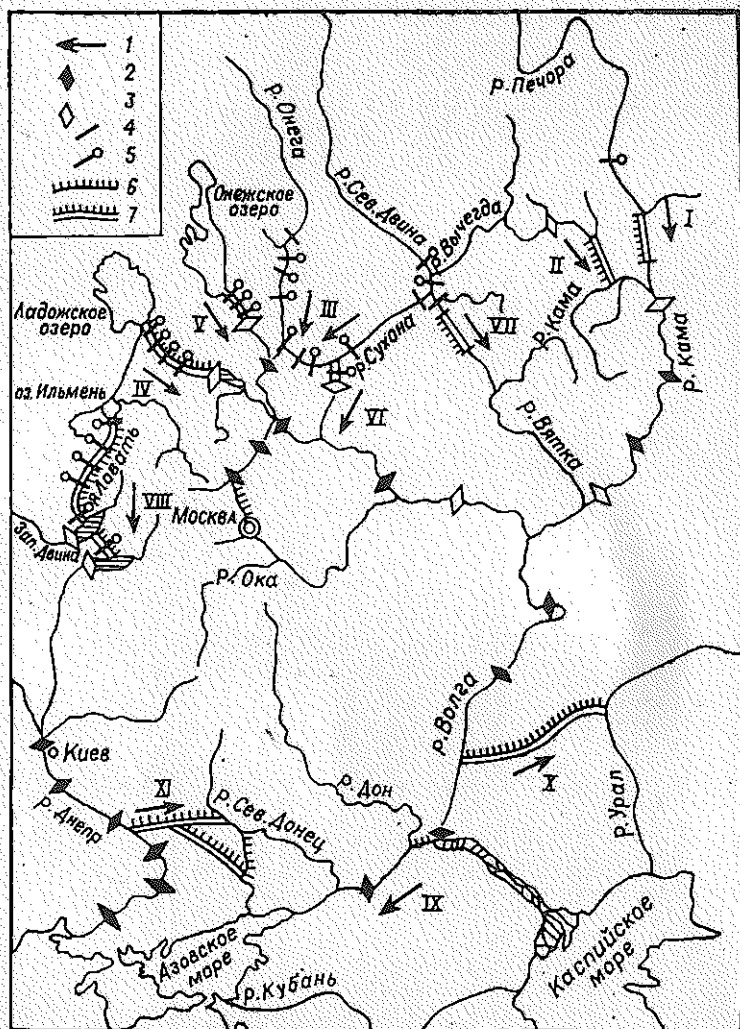


Рис. 41. Варианты перераспределения речного стока в европейской части СССР

1 — Печоро-Камский; II — Вычегодско-Камский; III — Кубенско-Шекнинский; IV — Ладожско-Волжский; V — Онежско-Волжский; VI — Сухонско-Костромской; VII — Южно-Вятский; VIII — Ловать-Днепр; IX — Волга-Дон; X — Волга-Урал; XI — Днепр-Донбасс; 1 — направление перебросок; 2 — существующие ГЭС; 3 — проектируемые ГЭС; 4 — проектируемые гидроузлы; 5 — существующие гидроузлы; 6 — существующие каналы; 7 — проектируемые каналы



В бассейнах этих рек проживает примерно 135 млн. человек и имеется свыше 200 млн. га сельскохозяйственных земель. Эти районы характеризуются также интенсивно развитой промышленностью.

Вместе с тем среднемноголетний объем стока северных рек, впадающих в Баренцево, Белое и Балтийское моря, превышает 500 км<sup>3</sup>. Численность населения в этой зоне около 20 млн. человек, а площадь сельскохозяйственных угодий равна примерно 22 млн. га. Уровень развития промышленности здесь значительно ниже.

Из сопоставления приведенных данных видно, что переброска части стока рек северного склона на южный склон является не только необходимой, но и вполне оправданной (рис. 41).

В процессе предварительных исследований была установлена возможность переброски примерно 120 км<sup>3</sup> воды в год, из которых около 10 км<sup>3</sup> будет направлено самотеком, а остальные — с применением механического водоподъема. Краткая характеристика основных вариантов приведена в табл. 20. Наиболее экономичными являются восточные варианты, при которых стоимость переброски 1 км<sup>3</sup> воды в 2—7 раз меньше по сравнению с западными вариантами. Однако нужно отметить, что западные варианты находятся в стадии разработки и включают в себя ряд подвариантов. Поэтому в процессе последующих изысканий и проектирования объемы перераспределяемой воды и стоимость работ могут значительно измениться.

Таблица 20

Варианты переброски стока северных рек  
(приближенные данные)

Вариант	Направление переброски	Объем воды, км <sup>3</sup> /год	Стоимость переброски 1 км <sup>3</sup> воды, млн. руб.
Восточные варианты			
I	Печорско-Камское:		
	1-й этап . . . . .	13,1	32
	2-й » . . . . .	18,2	20
II	Вычегодско-Камское . . . . .	5,2	44
Западные варианты			
III	Кубенско-Шексинское . . . . .	10	25—85*
IV	Ладожско-Волжское . . . . .	11	130—140
V	Онежско-Волжское . . . . .	18	100—120
VI	Сухонско-Костромское . . . . .	11	90—110
VII	Южно-Вятское . . . . .	22	120—130
VIII	Ильмень-Днепровское . . . . .	10	150

\* Удельные затраты 25 млн. руб. на 1 км<sup>3</sup> воды только для подварианта из оз. Кубенского при переброске 2,6 км<sup>3</sup> в год.

Кратко рассмотрим намечаемые варианты переброски.

Осуществление варианта I включает в себя строительство Покчинского и Усть-Войского гидроузлов на р. Печоре, Бобыкского — на р. Колве и соединительного Печоро-Колвинского канала. После завершения этих сооружений будет создано Печоро-Колвинское водохранилище, из которого часть стока по соединительному каналу самотеком поступит в реки Колву, Вишеру, Каму и далее в Волгу. В состав Покчинского и Усть-Войского гидроузлов входят земляные плотины, донные и паводковые водосбросы, а также насосные станции. Кроме того, для обеспечения сквозного судоходства с севера на юг и обратно при Бобыкском гидроузле предусмотрен судоходный шлюз.

После окончания строительства комплекса сооружений можно приступить к осуществлению варианта II. Для этого на Вычегде, являющейся правым притоком Северной Двины, следует построить Усть-Куломский гидроузел. Из образованного водоема вода по рекам Северной и Южной Кельтме и соединительному каналу будет поступать в Печоро-Колвинское водохранилище, что даст возможность увеличить размеры попусков в Каму и Волгу.

Осуществление мероприятий по двум восточным вариантам позволит ежегодно направлять на юг до 37 км<sup>3</sup> воды. Это обеспечит решение ряда важных водохозяйственных задач, в том числе:

1) обеспечение потребностей в воде сельского хозяйства, промышленности и рыбного хозяйства;

2) дополнительная выработка электроэнергии (около 11 млрд. кВт·ч) на расположенных ниже камских и волжских гидростанциях, что соответствует экономии около 5 млн. т условного топлива в год;

3) создание нового глубоководного судоходного пути от Астрахани до Нарьян-Мара протяженностью около 5 тыс. км, который предполагается использовать для перевозки леса, угля и других массовых грузов в центральные и южные промышленные районы.

В дополнение к существующим гидростанциям в верховьях р. Камы будет построена Верхнекамская ГЭС с выработкой электроэнергии свыше 2 млрд. кВт·ч в год. В перспективе после Усть-Войского гидроузла ниже г. Печоры может быть построена Усть-Ижемская ГЭС.

Поступление больших объемов чистой воды с севера улучшит санитарное состояние рек Камы и Волги и в сочетании с совершенствованием технологии очистки сточных вод предотвратит их дальнейшее загрязнение.

Западные варианты, как отмечалось ранее, изучены пока недостаточно. Наиболее экономичным из них является вариант III. Он предусматривает забор воды из озер Лача, Воже и р. Онеги, а также оз. Кубенского, расположенного в бассейне р. Сухоны,

Из оз. Кубенского намечается прорыть канал до Шекснинского водохранилища. Наиболее экономичным является самотечный вариант, но при использовании озер Лача и Воже, а также р. Онеги понадобится применение насосных станций.

Варианты IV, V и VI предусматривают переброску стока в верховья Волги соответственно из Ладожского и Онежского озер, а также из р. Сухоны, левого притока Северной Двины. Намеченные мероприятия включают в себя сооружение различных гидроузлов с водохранилищами, из которых вода должна перекачиваться насосными станциями по вариантам IV и V в Рыбинское водохранилище, а по варианту VI—в Волгу в районе г. Костромы.

По варианту VII предполагается создать водохранилище в верховьях Северной Двины и прорыть канал до соединения с правобережным притоком р. Вятки.

Варианты IV—VII требуют затраты больших средств. Вероятно, что в процессе дальнейших разработок будут найдены возможности для увеличения объема перебрасываемого стока по вариантам I, II и III, что сопряжено с меньшими материальными затратами. По-видимому, реализация вариантов IV—VII может быть начата лишь после исчерпания всех возможностей забора воды из верховьев рек Печоры и Вычегды. Однако при этом должны быть существенно сокращены площади затоплений на водораздельных частях бассейнов данных рек.

Последние проработки показали, что переброска стока в бассейн Каспийского моря в объеме даже до 35—40 км<sup>3</sup> ежегодно не сможет стабилизировать положение уровня воды в нем, который в дальнейшем может снизиться еще на 0,7—1,0 м. Для поддержания уровня моря на современных отметках понадобится увеличить объем переброски до 80—200 км<sup>3</sup> в год, что потребует чрезмерно больших затрат средств. Выход из создавшегося положения, вероятно, следует искать в компенсации ущерба, вызываемого снижением уровня моря, за счет дополнительного экономического эффекта, получаемого водохозяйственными комплексами при переброске стока (орошение, гидроэнергетика, водоснабжение, судоходство, рыбное хозяйство и т. д.).

Вариант VIII предусматривает переброску стока из бассейна оз. Ильмень в верховья р. Днепра. Для этого намечается перекачивать воду насосными станциями, проектируемыми на р. Ловати. После подъема воды примерно на 130 м она будет направлена по каналу в оз. Усвячское, затем по р. Усвяча—в Западную Двину в водохранилище проектируемого Полоцкого гидроузла. Отсюда по р. Лучеса и ряду небольших озер вода (с частичным использованием насосных станций) поступит в р. Днепр.

Среднегодовой сток р. Волхова, вытекающей из оз. Ильмень и впадающей в оз. Ладожское, составляет 18,8 км<sup>3</sup>. Поэтому изъятие свыше половины стока из бассейна оз. Ильмень может вызвать понижение уровня оз. Ладожское на 0,4—0,5 м. Это про-

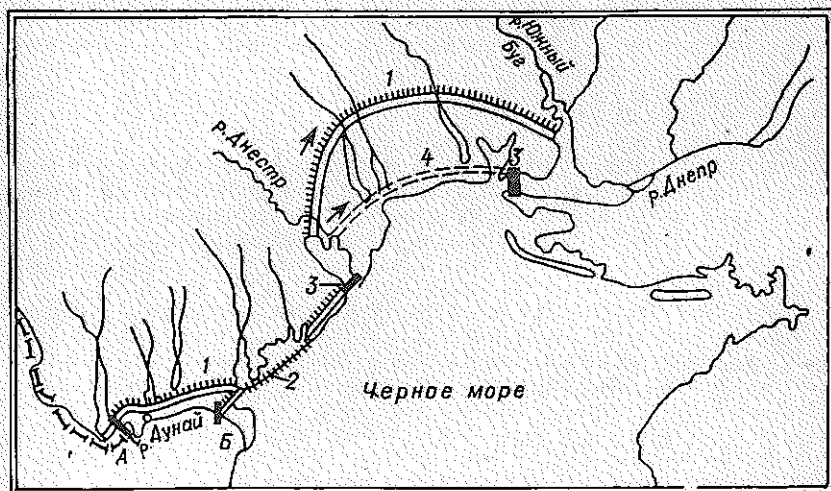


Рис. 42. Схемы использования водных ресурсов р. Дуная

А, Б — варианты водозабора в створах Измаил — Тульча и Вилково — Иванча Нова; 1 — трасса канала; 2 — оградительная дамба; 3 — гидроузлы; 4 — вариант с туннелем

изойдет также и при осуществлении вариантов IV и V. В результате уменьшится расход р. Невы, что повлечет за собой ухудшение санитарного состояния восточной части Финского залива.

Вследствие изложенного варианты, связанные с забором воды из бассейнов озер Ладожского, Онежского и Ильмень, нуждаются во всестороннем исследовании, чтобы не допустить неоправданного впоследствии истощения водных ресурсов. Это особенно необходимо в связи с тем, что северо-западная зона РСФСР характеризуется значительной плотностью населения и интенсивным развитием народного хозяйства.

Заслуживает внимания проблема использования части стока в низовьях р. Дуная для орошения около 5 млн. га в южных районах Молдавии и Украины (рис. 42). Как уже было отмечено ранее, это требует согласования с другими странами.

В первом приближении рассматривались варианты с забором воды в двух створах: Измаил — Тульча и Вилково — Иванча Нова. Далее канал следует по левому берегу р. Дуная и переходит в лиманы, которые необходимо оградить со стороны моря дамбами. От Днестровского лимана до низовьев р. Днепра трасса проходит в сложных топографических и геологических условиях, в связи с чем здесь были рассмотрены варианты с использованием канала при перекачке воды на высоту до 100 м и туннеля с подкачкой на 15—16 м.

На протяжении всей трассы предусмотрено устройство резервуаров для регулирования подачи воды в восточном направлении. Для этого намечено использовать Днестровский и Днепров-

ский лиманы, а также более мелкие приморские лиманы на пути следования канала и Каховское водохранилище на Днепре. Общий объем всех резервуаров превышает 15 км<sup>3</sup>, что достаточно для удовлетворения интересов водопотребителей.

Ориентировочно установлена возможность забора воды в пределах от 1100 до 1900 м<sup>3</sup>/с. Стоимость переброски 1 км<sup>3</sup> воды, по-видимому, будет больше, чем при использовании стока северных рек.

Проблема использования части стока Дуная требует решения не только специальных юридических вопросов, но и ряда других. В их числе удовлетворение запросов судоходства и рыбного хозяйства в дельте р. Дуная, перспективы сохранения и использования камыша для целлюлозно-бумажной промышленности, предотвращение засоления низовьев реки и т. д.

## § 6. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕСПУБЛИК СРЕДНЕЙ АЗИИ И КАЗАХСТАНА

В пределах Казахстана водные ресурсы распределены крайне неравномерно. Среднегодовой сток рек, протекающих по территории республики, равен примерно 120 км<sup>3</sup>, из которых свыше 90% приходится на долю рек Иртыша, Сырдарьи, Или, Урала, Тобола; Ишима и Чу. Эти реки в основном протекают по окраинам Казахстана, в то время как центральные и западные районы испытывают большую потребность в воде. Суммарный сток протекающих здесь рек Нуры, Сарысу, Тургая, Иргица и других не превышает 5 км<sup>3</sup> в год.

Для удовлетворения нужд промышленности в Центральном Казахстане построен канал Иртыш—Караганда, по которому ежегодно должно перекачиваться около 1,5 км<sup>3</sup> воды. В дальнейшем от конца его будет проложен водовод длиной около 600 км по трассе Караганда—Атасу—Джезказган.

Обеспечение водой северных районов Казахстана предполагается осуществить за счет канала Иртыш—Ишим—Тобол. Он начнется несколько выше г. Омска, дойдет до Сергиевского водохранилища на р. Ишиме, после чего пересечет водораздел между реками Ишимом и Тоболом и выйдет к г. Кустанаю. В конце канала на р. Тоболе намечается создание Каратамарского водохранилища. Общая протяженность канала составит около 800 км. По пути канала проектируется ряд мелких водохранилищ и водопроводов для снабжения различных водопотребителей.

Удовлетворение потребностей западных районов Казахстана будет решено путем переброски воды по каналу Волга—Урал. Кроме того, на р. Эмбе создается Арал-Тюбинское водохранилище полезным объемом 0,45 км<sup>3</sup>. Потребности Мангышлака предполагается удовлетворить путем прокладки водопроводов из рек Амударьи, а также из Волги, водоводом, уложенным по дну Каспийского моря.

Из рек, протекающих по территории Казахстана, наибольшее энергетическое значение имеет Иртыш. В дополнение к действующим на нем Бухтарминской и Усть-Каменогорской гидростанциям рассматриваются проекты Шульбинской, Семипалатинской, Белокаменской и Известковской ГЭС. После завершения строительства Капчагайской ГЭС на р. Или мощностью 435 МВт здесь проектируется возвести еще ряд новых гидростанций.

Строительство гидроузлов на р. Или и рост водопотребления в ее бассейне приведут к уменьшению притока в оз. Балхаш до 2,5—4,0 км<sup>3</sup> в год. Объем озера около 125 км<sup>3</sup>, восточная часть его отделена от западной проливом Узун-Арал. Через него происходит поступление воды из западной, пресной, части озера в восточную, более мелкую и соленую часть, где ежегодно за счет испарения теряется около 3 км<sup>3</sup>. Для сокращения этих потерь возможно перекрыть пролив Узун-Арал дамбой длиной около 6 км. Это позволит поддерживать уровень западной части озера на прежних отметках.

Вопросы водообеспечения в южной части Казахстана, в первую очередь для нужд орошения и водоснабжения, будут решаться путем регулирования местного стока водохранилищами и за счет каналов. К числу последних относятся Кызылкумский, Арысь-Туркестанский и др.

Большое значение для сельского хозяйства в маловодных районах республики имеют снегозадержание и лиманное орошение, которые дают возможность сократить поверхностную составляющую стока и получить прибавку урожая.

При рассмотрении перспективных водохозяйственных балансов, в особенности для центральной части Казахстана, ощущается большой дефицит в воде, который может быть покрыт только при осуществлении переброски значительных объемов воды из рек Иртыша и Оби.

Основными реками, протекающими по территории среднеазиатских республик, являются Сырдарья и Амударья. В бассейнах их находится свыше половины всех орошаемых земель СССР. Сумма температур за вегетационный период превышает здесь 5000°С, что при наличии плодородных почв и дополнительном искусственном увлажнении дает возможность выращивать ценные сельскохозяйственные культуры: хлопчатник, рис, кукурузу, многолетние травы, интенсивно развивать плодоводство и виноградарство.

Экономические гидроэнергетические ресурсы рек Средней Азии равны 146 млрд. кВт·ч, что составляет примерно 15% ресурсов всей страны. Такой гидроэнергетический потенциал объясняется тем, что основные притоки рек Амударьи и Сырдарьи берут свое начало в горах и имеют большое падение. Паводки здесь длительны и обусловлены в основном таянием ледников и снегов. По времени они совпадают с наиболее интенсивным



водозабором для целей орошения, что несколько упрощает регулирование стока.

Однако степень использования гидроэнергетического потенциала пока незначительна; и выработка электроэнергии на действующих и строящихся гидростанциях не превышает 25 млрд. кВт·ч в год.

Основными участниками водохозяйственных комплексов в среднеазиатских республиках являются орошение и гидроэнергетика. На протяжении многих лет здесь осуществляется система двойного регулирования стока. Суть его заключается в том, что в пределах горной части бассейна создают водохранилища многолетнего регулирования для нужд энергетики и орошения, при этом вода распределяется между сезонами по энергетическому графику.

В среднем и нижнем течении рек образуют водохранилища, обеспечивающие сезонное регулирование в основном для целей ирригации, что совпадает с интересами орошения расположенных здесь больших массивов земель.

В бассейне Сырдарьи полезный объем существующих и строящихся водохранилищ достигает 22 км<sup>3</sup>, что составляет около 60% ее среднегогодового стока. Наиболее крупными из них являются Чардаринское, Кайраккумское и Токтогульское; полезный объем последнего равен 7,4 км<sup>3</sup>.

Самой крупной гидростанцией является Токтогульская мощностью 1200 МВт, построенная на р. Нарын — правом притоке Сырдарьи. Весьма перспективными на Нарыне могут быть Комбаратинская, Алабугинская, Курпсайская и ряд других гидростанций. Заслуживают также внимания Сусамырская и Қокомеренская ГЭС на р. Қокомерен — правом притоке Нарына. Все эти гидроузлы должны быть высоконапорными, в частности напор на Қокомеренской ГЭС превысит 600 м.

Наиболее крупными водопотребителями в пределах р. Сырдарьи являются оросительные системы в Голодной и Дальверзинской степях, в Ферганской долине, а также системы, расположенные в ее нижнем течении, занимающие площадь около 1,5 млн. га (рис. 43). Много воды расходуется для нужд Ташкентского и Ангренского промышленных узлов.

В связи с интенсивным ростом водопотребления уже в настоящее время в бассейне Сырдарьи начинает ощущаться дефицит воды, в ближайшей перспективе он достигнет 6—8 км<sup>3</sup> в год. Поэтому необходимо улучшить существующую систему водопользования и принять все меры к сокращению непроизводительных потерь воды при орошении сельскохозяйственных земель. Целесообразно изыскивать возможности уменьшения поливных норм (без снижения урожайности), осуществлять замену культур, требующих большого количества воды, менее влаголюбивыми и всемерно совершенствовать технику орошения, в частности дождевальные системы и установки.



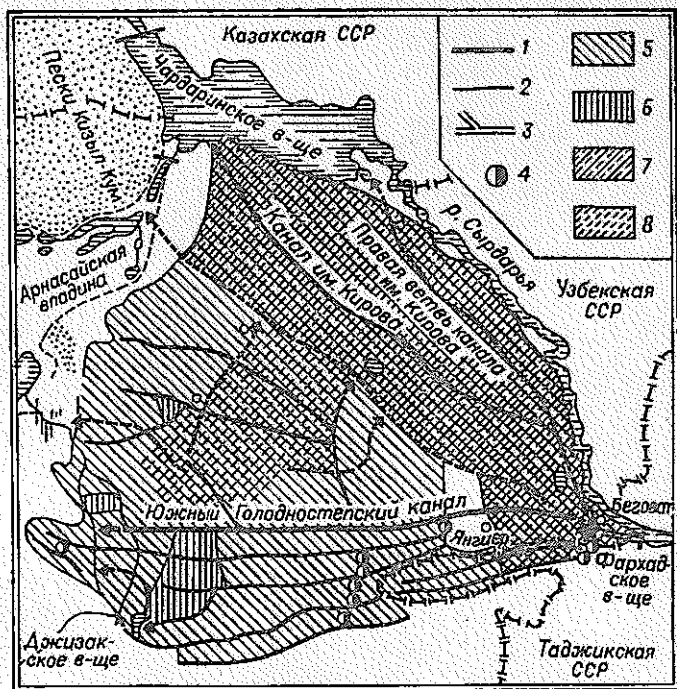


Рис. 43. Схема орошения в Голодной степи

1 — магистральные каналы; 2 — главные коллекторы; 3 — деривационный канал; 4 — насосные станции; 5 — площади, занятые хлопчатником; 6 — площади, занятые кормовыми культурами и многолетними травами; 7 — существующее орошение (старая зона); 8 — новые площади освоения

Кроме того, весьма важно детально изучить современный водный баланс, с тем чтобы более точно установить размеры водопотребления и объемы возвратных вод. При этом должны быть уточнены вопросы использования воды между отдельными республиками.

Осуществление названных мероприятий, а также ряда других несколько улучшит водообеспечение в бассейне Сырдарьи. Однако дальнейшее развитие экономики потребует изыскания дополнительных водных ресурсов, что может быть решено только за счет переброски стока сибирских рек.

Верхняя часть бассейна Амударьи, в пределах которой протекают ее основные притоки Вахш и Пяндж, характеризуется избытком водных ресурсов над потреблением. Самым крупным гидроузлом в Средней Азии является Нурекский на р. Вахш, в состав которого входит гидростанция мощностью 2700 МВт и водохранилище полезным объемом 4,5 км<sup>3</sup>. Оно должно обеспечивать сезонное регулирование в интересах водопотребителей,

находящихся в среднем и нижнем течениях р. Амударьи. Около половины всей вырабатываемой электроэнергии Нурекской ГЭС предполагается расходовать для орошения с механическим водоподъемом.

Выше нее по течению начато строительство Рогунского гидроузла с гидростанцией мощностью 3200 МВт и водохранилищем полезным объемом 8,7 км<sup>3</sup>. При условии создания Тюя-Муюнского гидроузла в нижнем течении Амударьи, который должен образовать водохранилище полезным объемом 7,9 км<sup>3</sup>, практически можно будет зарегулировать весь сток реки и рационально использовать его для нужд водопользователей.

Весьма перспективна для гидроэнергетики р. Пяндж, являющаяся пограничной рекой между СССР и Афганистаном. Предварительные исследования выявили возможность строительства на ней ряда высоконапорных гидроузлов с общей мощностью гидростанций свыше 20 млн. кВт. Среди них наиболее эффективной является Дашти-Джумская ГЭС мощностью 4300 МВт, напором 350 м с водохранилищем, которое будет обладать полезным объемом 18 км<sup>3</sup>, что составит около 70% от среднесноголетнего стока Пянджа. Использование водных ресурсов этой реки для целей гидроэнергетики пока не вызвано особой необходимостью и в дальнейшем, по-видимому, будет решаться на основе двустороннего соглашения между обоими государствами.

В среднем и нижнем течениях Амударьи весьма интенсивно развивается орошаемое земледелие. Наиболее крупным водопотребителем является Каракумский канал, расход которого в голове равен 300—350 м<sup>3</sup>/с, а в перспективе достигнет 600—800 м<sup>3</sup>/с, а также Каршинский, Аму-Бухарский и ряд других каналов в низовьях реки. Непрерывно возрастающий водозабор для оросительных систем сопровождается уменьшением годового стока Амударьи. При площади орошения около 3,5 млн. га дефицит стока в бассейне реки в маловодный год обеспеченностью 90% может составить 2—3 км<sup>3</sup>. Поэтому для разрешения назревших водохозяйственных вопросов необходимо первоначально осуществлять комплекс мероприятий, рекомендованных для бассейна Сырдарьи, после чего начинать работы по переброске стока из бассейнов рек Оби и Иртыша.

Весьма важной является проблема Аральского моря. Площадь его — 62 000 км<sup>2</sup>, наибольшая глубина — 68 м. Приток воды в море складывается за счет поступлений из рек Амударьи и Сырдарьи в объеме около 38 км<sup>3</sup> и осадков в количестве 7 км<sup>3</sup>. Вместе с тем испарение с поверхности моря и весьма разветвленной дельты Амударьи ежегодно достигает 70 км<sup>3</sup>. Таким образом, море ежегодно недополучает около 25 км<sup>3</sup> воды, а в дальнейшем этот дефицит может возрасти до 30 км<sup>3</sup> (рис. 44).

В Аральском море обитает много ценных пород рыб. Установлено, что понижение уровня воды в нем всего лишь на 1,5 м

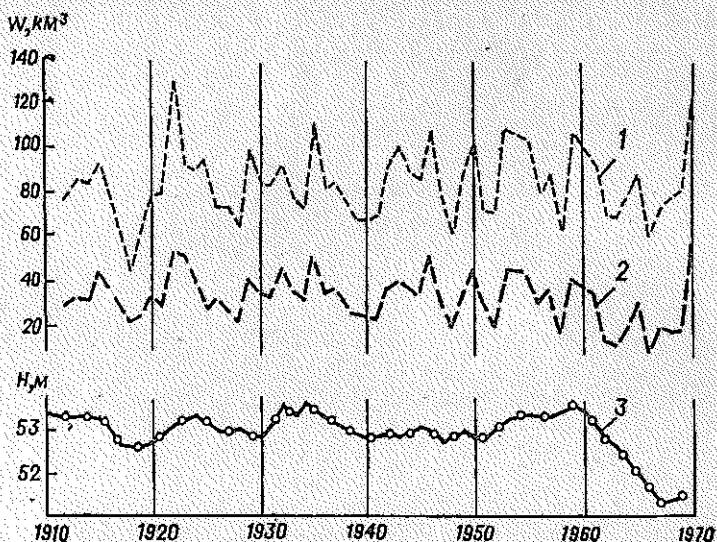


Рис. 44. Графики изменения уровней и притока в Аральское море  
 1 — речной сток в бассейне моря; 2 — приток в море; 3 — график изменения уровней моря

сократит воспроизводство рыб на дельтовых нерестилищах на 75% и в опресненных морских заливах — на 50%.

Уменьшение притока пресной воды может постепенно привести к превращению Аральского моря в мертвое соленое озеро. При этом погибнут ихтиофауна, заросли тростника и камыша, большой ущерб будет нанесен ондатровым хозяйствам в дельте Амударьи. Заметно усложнится и судоходство.

Единственным выходом для пополнения моря новыми объемами пресной воды являются водные ресурсы сибирских рек.

## § 7. СХЕМЫ ПЕРЕБРОСКИ СТОКА СИБИРСКИХ РЕК

Среднегодовой объем речного стока в Западной Сибири равен примерно 580 км<sup>3</sup>, из которых около 400 км<sup>3</sup> формируется в пределах Обь-Иртышского бассейна. Распределение водных ресурсов здесь довольно неравномерно, наиболее водообеспеченными являются Томская и Тюменская области, на долю которых приходится около 70% стока. В наихудшем положении находятся степные и лесостепные районы Омской и Новосибирской областей, а также Алтайского края, где имеется только 3% стока всего бассейна. Поэтому водообеспечение отдельных промышленных объектов и населенных пунктов вызывает затруднения. Вместе с тем районы, расположенные к северу от слияния

рек Иртыша и Оби, характеризуются переувлажнением земель и довольно часто страдают от наводнений.

Распределение годового стока в Обь-Иртышском бассейне отличается большой неравномерностью. В зависимости от географической зоны в течение весенних паводков здесь наблюдается 65—85% годового стока. Поэтому при проектировании водохозяйственных комплексов необходимо предусматривать мероприятия по регулированию водных ресурсов, заключающиеся в перераспределении их во времени и по территории.

Экономические гидроэнергетические ресурсы в пределах реки Оби и Иртыша составляют примерно 90 млрд. кВт·ч, из которых около 5 млрд. кВт·ч вырабатывается на Новосибирской, Усть-Каменогорской и Бухтарминской гидростанциях. Наибольшие запасы водной энергии сконцентрированы в южной и юго-восточной частях рассматриваемого бассейна. Весьма перспективны проектируемые каскады ГЭС на р. Иртыше на участке от г. Усть-Каменогорска до г. Павлодара, на р. Катунь выше г. Горно-Алтайска, на р. Бии и некоторые другие.

Интерес заслуживал также проект Нижнеобской ГЭС вблизи г. Салехарда. Мощность этой гидростанции оценивалась около 5000 МВт, она могла бы обеспечить потребность промышленных районов Урала и Западной Сибири, испытывающих большой дефицит в электроэнергии. Полезный объем водохранилища мог достигнуть 255 км<sup>3</sup>, что гарантировало бы многолетнее регулирование стока в интересах гидроэнергетики, судоходства и водоснабжения. По предварительным расчетам, площадь нового водоема превышала 100 тыс. км<sup>2</sup>, что в 1,5 раза больше поверхности Аральского моря. Но при этом в зону затопления попадали открытые недавно в Тюменской области богатые месторождения газа, нефти и других ценных полезных ископаемых. Затоплению подверглись бы примерно 3,5 млн. га леса и сельскохозяйственные земли, расположенные в основном на пойменных площадях. Возможны были и другие неприятные последствия, связанные с ухудшением природных условий. Поэтому предложение о строительстве Нижнеобской ГЭС вызвало много возражений.

Потребности водоснабжения промышленности и населения Западной Сибири в настоящее время оцениваются примерно в 3 км<sup>3</sup> в год, а к 2000 г. они достигнут 20—30 км<sup>3</sup>, что, однако, не превысит 5% от водных ресурсов Обь-Иртышского бассейна. Следовательно, возможность использования части стока Оби и Иртыша для решения водохозяйственных проблем Казахстана и республик Средней Азии является вполне реальной. Это становится совершенно очевидным, если дополнительно учитывать водные ресурсы Енисейского бассейна, которые вместе с реками Западной Сибири превышают 1000 км<sup>3</sup> в год.

Как уже отмечалось выше, за счет использования стока рек Амурарьи и Сырдарьи возможно оросить 6—7 млн. га. Дальней-

шее увеличение ирригационного фонда на 8 млн. га потребует переброски стока из Обь-Иртышского бассейна около 50 км<sup>3</sup> ежегодно.

Предварительными расчетами установлено, что в далекой перспективе общая площадь орошаемых земель в Казахстане и республиках Средней Азии может достигнуть 35—40 млн. га, для чего объемы переброски потребуется довести до 200 км<sup>3</sup> в год.

На протяжении ряда десятилетий было предложено много различных проектов использования водных ресурсов сибирских рек. В результате их сравнения и проведения некоторых предварительных исследований большинство предложений можно свести к двум основным схемам.

По первой схеме водозабор намечено осуществить из Иртыша в районе слияния его с левым притоком Тоболом. Здесь должны быть построены насосные станции, которые смогут обеспечить перекачку 25 и 50 км<sup>3</sup> воды в год соответственно в первую и вторую очереди. Отсюда вода насосами будет подаваться в головную часть Обь-Иртышского канала. Трасса его будет следовать в юго-западном направлении. При подходе к Тургайскому водоразделу в районе г. Заводоуковска намечается расположить насосные станции второго подъема, которые обеспечат перекачку воды на отметки 100—110 м. Затем канал проследует между Аральским морем и г. Джезказганом. В этом районе предполагается создать водохранилище, с тем чтобы обеспечить регулирование стока для удовлетворения запросов ирригационных систем в бассейнах рек Сырдарья и Амударья, а также в юго-западной части Туркмении. Полезный объем водохранилища составит 60 км<sup>3</sup>, что позволит в течение вегетационного периода подавать расходы до 2000—4000 м<sup>3</sup>/с, достаточные для его заполнения.

При пересечении Обь-Иртышского канала с р. Тургаем в перспективе целесообразно устройство Тургайского водохранилища, из которого проектируется ветвь канала для подачи воды в бассейны рек Эмбы и Урала.

Возможно, что в отдаленной перспективе трасса Обь-Каспийского канала достигнет Каспийского моря в юго-западной части Туркмении (рис. 45).

Переброска иртышского стока в объеме до 25 км<sup>3</sup> может производиться без использования водных ресурсов р. Оби. Однако в дальнейшем по мере роста водопотребления понадобится подпитывать Иртыш путем переброски в него части стока из верхней Оби (до 30—35 км<sup>3</sup> в год). Это может быть выполнено при создании водохранилищ полезным объемом 45—50 км<sup>3</sup>, которые обеспечат сезонное регулирование. Для этой цели следует построить гидроузлы Чулымский и Каменский на р. Оби, Аргутский и Еландинский на р. Катунь и на некоторых других притоках. Кроме того, будет использован полезный объем Новосибир-





ского водохранилища на р. Оби, а Новосибирская ГЭС превращена в насосную станцию.

Осуществление комплекса мероприятий по забору воды в районе слияния рек Тобола и Иртыша и в верхнем течении р. Оби позволит ежегодно направлять в Казахстан и среднеазиатские республики до 50—60 км<sup>3</sup> воды. Дальнейшее увеличение объема перебрасываемого стока возможно только при использовании водных ресурсов р. Енисей.

Для решения данной проблемы предполагается осуществить забор воды из водохранилища Осиновской ГЭС, проектируемой в среднем течении Енисея. Канал из него проследует в направлении на запад до соединения с Чулымским водохранилищем на р. Оби. По пути частично будет использовано русло р. Кети.

По второй схеме намечалось производить забор воды из водохранилища Нижнеобской ГЭС, подпор от которой распространится до устья р. Тобола. В этом случае несколько уменьшится общая высота перекачки для преодоления Тургайского водораздела, кроме того, отпадет необходимость в переброске стока из верхней Оби в Иртыш.

Сельскохозяйственные угодья в районах проектируемых водохранилищ при этом не будут затоплены, а водные ресурсы южной части Обского бассейна могут быть использованы для удовлетворения потребности местной экономики. Так же, как и в первой схеме, из рек Оби и Иртыша возможно забирать до 50—60 км<sup>3</sup> воды в год.

Однако, как уже отмечалось ранее, сооружение Нижнеобского водохранилища вызовет много неприятных последствий. Тем не менее, по предварительным разработкам, вторая схема обладала несколько лучшими экономическими показателями, чем первая.

В обеих схемах трасса Обь-Каспийского канала по существу почти одинакова. На всем ее протяжении намечены четыре-пять сверхмощных насосных станций. Расход канала при осуществлении первого этапа перераспределения стока будет колебаться в пределах 800—2000 м<sup>3</sup>/с, а при использовании водных ресурсов р. Енисея достигнет 4500—7000 м<sup>3</sup>/с. Длина основного канала до низовьев Амударьи составит 2500 км. На своем протяжении он будет проходить в разных географических зонах, характеризующихся разнообразными геологическими, климатическими и гидрологическими условиями.

---

Рис. 45. Схема переброски части стока сибирских рек в Казахстан и республики Средней Азии

1 — существующие каналы; 2 — проектируемые магистральные каналы; 3 — проектируемые водораспределительные каналы; 4 — насосные станции; 5 — участок р. Иртыша, пополняемый стоком из р. Оби; 6 — плотины; 7 — водораспределительные узлы; 8 — направление перебросок



Практика мирового гидротехнического строительства еще не имела подобного рода прецедентов. Поэтому выбору окончательной трассы и установлению оптимальных параметров канала, в равной степени как и обоснованию всего комплекса мероприятий наиболее рациональной схемы переброски, должны предшествовать всесторонние технико-экономические и социальные исследования.

Для водообеспечения северных и центральных районов Казахской ССР намечен канал «Казахстан». Подача воды в него возможна в зонах проектируемых на р. Иртыше Шульбинской или Павлодарской гидростанций.

Трасса этого канала рассмотрена в двух вариантах. Первый предусматривает транспортировку воды по более низким местам для обводнения поймы Иртыша, а также для подпитывания некоторых озер, представляющих рыбопромысловую ценность. По второму варианту канал предполагается проложить по более высоким местам, с тем чтобы иметь возможность орошения сельскохозяйственных культур и обводнения местных весьма ограниченных водных источников. Подача воды по каналу дополнительно позволит улучшить использование сенокосов и пастбищ, а также приостановить процессы засоления ряда озер.

Одновременно с рассмотренными вариантами переброски стока сибирских рек ведутся проектно-изыскательские проработки и по другим трассам. В частности, изучается возможность забора воды из низовьев р. Оби, транспортировка ее в западном направлении по р. Усе и далее в р. Печору. Отсюда вода с использованием гидроузлов и насосных станций должна перекачиваться в верховья р. Камы и затем самотеком в Волгу. Отсюда возможно ее перераспределение в бассейны рек Днепра, Дона, Кубани и Аральского моря. Возможно, что осуществление этой схемы окажет меньшее влияние на природные условия по сравнению с изложенными ранее вариантами. Кроме того, могут быть созданы лучшие условия для организации единой водохозяйственной системы (ЕВХС) европейской части СССР, а впоследствии и Западной Сибири.

К научному обоснованию проектов перераспределения стока и установлению последствий их осуществления привлечено много различных ведомств. Эта проблема является наиболее крупной и сложной в мировой практике и имеет первостепенное значение. Она затрагивает интересы населения и народного хозяйства так называемого Среднего региона, простирающегося от Уральского хребта до р. Енисея и занимающего примерно четверть территории Советского Союза.

Осуществление переброски стока сибирских рек намечено производить по отдельным этапам, постепенно увеличивая объемы перераспределяемой воды. Это позволит планомерно решать все изложенные ранее водохозяйственные проблемы Казахстана и республик Средней Азии.

## § 8. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕК ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Восточно-Сибирский район изобилует богатейшими месторождениями ценных полезных ископаемых; для их разработки и выпуска различной продукции требуется большое количество электроэнергии.

Экономические гидроэнергетические ресурсы в бассейне рек Енисея и Ангары оцениваются примерно в 250 млрд. кВт·ч. Из них на действующих и строящихся гидростанциях должно вырабатываться около 100 млрд. кВт·ч. Колоссальные ресурсы самой дешевой в стране гидроэнергии характеризуются весьма высокими качественными показателями. Это обусловлено благоприятными топографическими, геологическими и гидрологическими условиями, что дает возможность снизить удельные капитальные вложения на 1 кВт·ч по сравнению с гидростанциями, расположенными в европейской части СССР, в 2,5—4 раза.

Исключительно благоприятные возможности использования водной энергии выдвигают гидроэнергетику в качестве ведущего участника большинства водохозяйственных комплексов, за которыми следуют водоснабжение и судоходство.

В настоящее время на р. Ангаре построены Иркутская и Братская ГЭС мощностью соответственно 660 и 4500 МВт, заканчивается возведение Усть-Илимской ГЭС мощностью 4300 МВт, проектируется Богучанская, Суховская и Тельминская гидростанции.

На р. Енисее эксплуатируется самая крупная в мире Красноярская ГЭС и строится Саяно-Шушенская гидростанция, мощности их соответственно равны 6000 и 6400 МВт. Ниже по течению выявлена возможность создания Енисейской, Осиновской и Игарской гидростанций мощностью каждая 5000—6000 МВт. Намечен ряд створов для проектирования гидростанций на р. Подкаменная Тунгуска. Довольно перспективна Нижнетунгусская ГЭС мощностью около 10 000 МВт, проектируемая вблизи устья р. Нижняя Тунгуска. Полезный объем водохранилища здесь достигнет 155 км<sup>3</sup>.

В составе всех действующих и проектируемых гидроузлов предусмотрены судопропускные сооружения, что обеспечит сквозное судоходство от низовьев р. Енисея до его верховьев. Вероятно, после завершения каскада гидроузлов на р. Ангаре в их составе будут построены шлюзы или судоподъемники, с тем чтобы разрешить проблему сквозного судоходства с выходом из оз. Байкала в р. Енисей.

Среднегодовой сток в бассейне р. Енисея составляет 624 км<sup>3</sup>. Поэтому водообеспеченность всех промышленных центров и населенных пунктов является вполне достаточной, за исключением некоторых объектов, расположенных на мелких притоках. Удовлетворение потребностей этих предприятий мо-

жет быть решено путем образования ряда небольших водохранилищ общим полезным объемом не более  $0,5 \text{ км}^3$ .

Орошение намечено развивать в Минусинской котловине, расположенной к югу от г. Красноярска. Наличие благоприятного климата, плодородных почв и обилия воды позволит здесь довести площади орошения до 400—500 тыс. га. Водозаборы для этих целей предполагается расположить в верхнем или нижнем бьефах проектируемой в данном районе Майнской ГЭС.

Безвозвратные потери в бассейне р. Енисея к концу XX века составят около  $12 \text{ км}^3$  воды в год, из которых свыше половины будет расходоваться на испарение с поверхности водохранилищ. В дальнейшем, в связи с намечаемой перебрѣской части стока в р. Обь, эти потери могут возрасти. Однако на основании изложенного можно считать водохозяйственные балансы в пределах Енисейского бассейна вполне нормальными, даже в условиях далекой перспективы.

При последующей разработке и конкретизации генеральной схемы комплексного использования рек Енисея и Ангары повышенное внимание должно быть обращено на всемерное совершенствование методов очистки сточных промышленных вод и охраны природных вод.

На втором месте в СССР по объему среднемноголетнего стока находится р. Лена, бассейн которой занимает площадь  $2490 \text{ тыс. км}^2$ . В современных условиях водные ресурсы этой реки используются в крайне незначительных размерах для водоснабжения промышленности и населенных пунктов. Кроме того, Лена и ее основные притоки — Киренга, Витим, Олекма и Алдан являются судоходными трассами, связывающими районы Якутии с Транссибирской железнодорожной магистралью и Северным морским путем.

Экономические гидроэнергетические ресурсы р. Лены приближенно равны 240 млрд. кВт·ч, из которых на действующих Мамаканской и Вилюйской гидростанциях пока вырабатывается лишь ничтожная часть. Предварительная схема использования водных ресурсов Ленского бассейна предусматривает возведение ряда крупных гидроузлов, в состав которых должны войти гидростанции и судопропускные сооружения.

В качестве наиболее крупных объектов следует отметить Мухтуйскую, Олекминскую и Якутскую гидростанции мощностью 2000—4000 МВт каждая, водохранилища которых обеспечат сезонное регулирование в интересах различных участников водохозяйственного комплекса.

В низовьях р. Лены возможно строительство Нижнеленской ГЭС мощностью около 20 000 МВт. Проектируемый здесь гидроузел образует водохранилище полезным объемом до  $290 \text{ км}^3$ , что равно 55% среднемноголетнего стока реки. Соответственно намечаемая выработка электроэнергии достигнет 100 млрд. кВт·ч в год. Примерно половина этой энергии может быть ис-

пользована для снабжения энергоемких промышленных предприятий, которые будут созданы на базе ценных месторождений полезных ископаемых, обнаруженных в этих районах, а другая половина — направлена в единую энергосистему Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Помимо каскада ГЭС на р. Лене существуют варианты строительства гидроузлов на ее притоках. В частности, заслуживает внимания схема использования р. Алдана не только для целей гидроэнергетики, но и для создания глубоководного судоходного пути по схеме: море Лаптевых—Лена—Алдан—Майя\* — соединительный канал—Охотское море. Для обеспечения нормального судоходства на всем протяжении этой трассы, особенно на последнем участке, должны быть построены шлюзы. Создание такого пути в далекой перспективе позволит сократить путь судам, следующим по Северному морскому пути по направлению к Охотскому и Японскому морям, примерно на 4000 км.

Предварительными изысканиями установлена возможность энергетического использования рек Колымы, Индигирки и Адычи, впадающих в Восточно-Сибирское море. В первом приближении мощность намеченных гидростанций превысит 14 000 МВт, однако большинство из них должно быть отнесено к категории перспективных второй очереди.

Весьма актуальны водохозяйственные проблемы в бассейне р. Амура, среднегодовой сток которого составляет 343 км<sup>3</sup>. Водосборная площадь Амура равна 1855 тыс. км<sup>2</sup>, из нее 55% расположено на территории СССР. Основными притоками являются Зея, Бурея, Шилка, Аргунь, Усури и Амгунь.

Среднегодовое распределение стока в бассейне р. Амура крайне неравномерно. Наибольшие объемы стока наблюдаются во время весенних и летне-осенних паводков. Последние бывают каждый год и обусловлены интенсивным выпадением осадков. В результате этого довольно часто происходит затопление больших площадей и причиняется значительный ущерб народному хозяйству Дальневосточного экономического района. Значительно страдают сельскохозяйственные угодья, в особенности расположенные в Амурской области в пределах бассейна р. Зеи. Установлено, что малые наводнения бывают почти ежегодно, средние — через год, большие — через 3—7 лет и катастрофические — один раз в 7—14 лет.

Объем зимнего стока по отношению к среднегодовому крайне незначителен. Так, в среднем течении рек Зея и Бурея расходы воды зимой падают почти до нуля, а ряд других притоков полностью промерзает.

При проектировании водохозяйственных комплексов в бассейне р. Амура основное внимание должно уделяться борьбе с наводнениями, а также гидроэнергетике и гидромелиорации.

\* Правый приток Алдана.

По приближенным данным, экономические гидроэнергоресурсы на советской территории оцениваются в размере около 73 млрд. кВт·ч.

После завершения строительства первого гидроузла на р. Зее с большим полезным объемом водохранилища будет полностью устранена опасность наводнений на нижерасположенных площадях, вплоть до места впадения р. Селемджа, а ниже частота наводнений уменьшится примерно в 3 раза. Тем самым появится возможность значительного повышения продуктивности использования пойменных земель и освоения новых сельскохозяйственных площадей. Кроме того, за счет гидростанции, входящей в состав Зейского гидроузла, существенно расширится энергетическая база Амурской области.

В дальнейшем будут весьма перспективны комплексные гидроузлы, к числу которых относятся Дагмарский на р. Селемдже и Бурейский на р. Бурее с водохранилищами полезным объемом 16,2 и 15,9 км<sup>3</sup> соответственно. Они позволят зарегулировать свыше половины объема среднегодового стока этих рек и получить дополнительное количество дешевой электроэнергии.

В условиях Дальнего Востока около 50% пойменных земель, пригодных для интенсивного сельскохозяйственного использования, не может быть включено в сферу производства из-за частого затопления во время наводнений. Поэтому по мере строительства новых гидроузлов на других притоках р. Амура объем сельскохозяйственной продукции будет увеличиваться.

В низовьях р. Амура и его притоков нерестится около 90% всей рыбы, входящей в устье: кета, горбуша, амурский сазан, белый амур и др. Все они имеют большое рыбопромысловое значение, поэтому весьма важно поддерживать нормальные условия для существования и воспроизводства рыб.

Строительство комплексных гидроузлов вызовет увеличение глубин в период навигации и тем самым улучшит условия судоходства по р. Амуру и некоторым его притокам.

Для сокращения пути судам, следующим по Амуру в северном направлении и к Владивостоку, целесообразен проект судоходного пути по схеме: низовье Амура — оз. Кизи — бухта Табо (Татарский пролив). Кроме того, возможно соединение водным путем Хабаровска с Владивостоком по следующему маршруту: Амур — Большая Уссурка — оз. Ханка — соединительный канал — залив Петра Великого (Японское море).

По приближенным данным, суммарное безвозвратное водопотребление в бассейне Амура к концу XX века не превысит 3,5 км<sup>3</sup> в год. Поэтому можно считать, что решение вопросов водообеспечения не будет связано с какими-либо затруднениями. Лишь в отдельных случаях, при необходимости водоснабжения некоторых промышленных предприятий, расположенных в верховьях притоков р. Амура, понадобится создание отдельных небольших водохранилищ.

---

## Глава 9. ОСНОВЫ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

### § 1. ЗАДАЧИ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

В Советском Союзе рациональному использованию и охране водных ресурсов уделяется большое внимание. История этого вопроса берет начало с указаний В. И. Ленина о развитии орошения в Туркестане, Закавказье, Поволжье, об использовании водной энергии, охране водоемов для разведения рыбы, использовании минеральных источников в лечебных целях.

В 1919 г. Советское правительство учредило центральный комитет водоохранения. Пять лет спустя в Конституции СССР было зафиксировано, что «... ведению Союза Советских Социалистических республик в лице его верховных органов подлежит установление общих начал пользования водами на всей территории страны». В 1928 г. специальной комиссией составлен проект «Основных положений водного законодательства» и примерно тогда же приняты водно-мелиоративные и земельно-водные кодексы в Белоруссии, Узбекистане и Туркмении.

Быстрое развитие народного хозяйства и подъем благосостояния советского народа усилили внимание к комплексному использованию и охране природных вод. Эти вопросы нашли отражение в документах XXIV и XXV съездов КПСС, решениях пленумов ЦК КПСС и в постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», принятом в декабре 1972 г. Особое значение имеют постановления по охране бассейнов Волги и Невы, оз. Байкал, Азовского и Черного морей.

В 1970 г. сессией Верховного Совета СССР утверждены «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик». Этим законодательным актом подтверждено, что все природные воды являются общенародным достоянием и что рациональное использование их и охрана от загрязнения — дело большой государственной важности. Принятым законом определены основные положения по регулированию водных отношений в нашей стране (более детально эти отношения устанавливаются другими актами водного законодательства СССР и водными кодексами союзных республик).



Все воды в СССР составляют единый государственный водный фонд, куда включаются находящиеся на территории СССР поверхностные и подземные воды, ледники, внутренние моря и другие водные объекты, использование которых возможно при достигнутом уровне развития производительных сил и поддается правовому регулированию, т. е. они могут быть предоставлены в пользование, изъяты из пользования по решению компетентных государственных органов и для них может быть установлен определенный правовой режим.

В законе проведен принцип первоочередного удовлетворения хозяйственно-питьевых потребностей населения. Это означает, что все виды мероприятий по использованию водных ресурсов не должны препятствовать обеспечению нужд питьевого водоснабжения.

В Основах водного законодательства большое внимание уделено вопросам охраны водных ресурсов. В них указывается, что борьбу с загрязнением и истощением природных вод следует проводить всеми доступными методами и средствами. Она должна вестись посредством осуществления предупредительных мероприятий по охране вод, а также путем ликвидации существующих причин загрязнения и истощения. В соответствии с этим запрещается вводить в эксплуатацию предприятия, цехи, агрегаты, коммунальные и другие объекты, если они не обеспечены устройствами, предотвращающими загрязнение водоемов и водотоков.

Специальная статья Основ обязывает все организации, учреждения и предприятия не допускать загрязнения и засорения поверхности водосборов, ледяного покрова водоемов и поверхности ледников производственными, бытовыми и другими отходами и отбросами. Управлениям водохозяйственных систем, совхозам, колхозам и другим организациям поставлено в обязанность предотвращать загрязнение природных вод удобрениями и ядохимикатами.

В целях устранения существующих причин загрязнения и истощения водных ресурсов предусмотрена система юридических условий и требований, связанных с использованием и расходованием воды. В частности, все предприятия, потребляющие воду, обязаны принимать меры к уменьшению ее расходования и прекращению сброса сточных вод путем совершенствования технологии производства и ряда других технологических приемов. Должны создаваться технически совершенные очистные сооружения и устройства, которые способны обеспечить необходимую очистку сточных вод от загрязняющих веществ. Сброс отработанных вод допускается только с разрешения органов, контролирующих качество воды, при условии, если он не приведет к увеличению содержания в водном объекте загрязняющих веществ выше установленных предельных норм. Законом установлено также, что при согласовании вопросов размещения и

строительства предприятий, сооружений и других объектов, влияющих на состояние водоемов и водотоков, а также при выдаче разрешений на специальное водопользование органы по регулированию использования и охране вод обязаны руководствоваться схемами комплексного использования и охраны вод и разработанными водохозяйственными балансами.

В Основах водного законодательства определена ответственность за нарушение правил пользования водами. При совершении подобных действий виновники могут быть подвергнуты мерам административного или уголовного воздействия. Кроме того, предприятия, учреждения и отдельные граждане в случае необходимости обязаны возмещать убытки, причиненные нарушением водного законодательства.

В организации рационального использования и охраны водных ресурсов значительная роль отводится широким кругам общественности. Профсоюзные, молодежные, научные и другие организации, а также различные добровольные общества совместно с органами государственного водного надзора должны проводить воспитательную работу среди населения в духе бережного отношения к ценному природному богатству — воде.

Неуклонное и строгое соблюдение Основ водного законодательства обеспечит условия для рационального комплексного использования и охраны природных вод нашей страны.

## § 2. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ СССР

По мере дальнейшего развития народного хозяйства водные ресурсы становятся все более важным фактором в планировании и размещении производительных сил страны. В предыдущих главах отмечалось, что в ряде экономических районов уже существует дефицит воды, для ликвидации которого затрачиваются большие государственные средства.

В связи с неравномерным распределением воды по территории страны, а также различной численностью и плотностью расположения наиболее водоемких предприятий и орошаемых массивов сложность проведения гидротехнических работ с течением времени будет неуклонно возрастать. Поэтому вопросам научных исследований, проектирования, строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов на всех уровнях руководства должно уделяться исключительное внимание.

Наиболее правильное решение водохозяйственных проблем в целях достаточно полного удовлетворения запросов в воде всех отраслей народного хозяйства возможно при условии разработки межбассейновых и побассейновых схем использования водных ресурсов. Такие схемы успешно применяются при планировании водохозяйственных мероприятий в бассейнах крупных рек, а также при разработке Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР. Поэтому

проектирование крупных и средних водохозяйственных комплексов, имеющих общегосударственное значение, должно вестись на основе предварительно составленных бассейновых и межбассейновых схем использования поверхностных и подземных вод.

Структура органов управления водным хозяйством страны характеризуется рядом особенностей. Они обусловлены неравномерным распределением вод по территории, различными природными условиями и соответственно различными функциями и масштабами местных водохозяйственных органов управления и эксплуатации водохозяйственными объектами. Разработка всех крупных водохозяйственных мероприятий по бассейновому использованию стока и его межбассейновому перераспределению находится в ведении Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР. Оно занимается организацией проектирования, строительства и эксплуатации водохозяйственных систем и сооружений, а также обеспечивает решение всех вопросов, связанных с комплексным использованием и охраной водных ресурсов. Одной из важнейших обязанностей министерства и подчиненных ему органов является внедрение новой техники, достижений науки и прогрессивного опыта на различных водохозяйственных объектах, а также на мелиорированных площадях.

Для выполнения поставленных перед министерством задач в нем созданы следующие службы:

а) главные управления: водохозяйственного строительства, комплексного использования водных ресурсов, эксплуатации водохозяйственных систем и сооружений, мелиорации, государственная инспекция по охране водных источников и т. д.;

б) управления: науки и техники, механизации и техники полива, освоения новых орошаемых земель, обводнения пастбищ и сельскохозяйственного водоснабжения, экономики и планирования и т. д.

Кроме того, имеется научно-технический совет, который рассматривает важнейшие вопросы водного хозяйства.

Республиканские министерства, областные и краевые управления мелиорации и водного хозяйства по своей организации сходны со структурой союзного министерства, но имеют свои особенности в зависимости от обслуживаемой ими географической зоны.

Руководство водным хозяйством осуществляется по принципу двойного подчинения. Республиканские министерства мелиорации и водного хозяйства и соответствующие им краевые и областные управления подчиняются союзному министерству и соответствующим руководящим органам власти.

Помимо Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, за которым закреплены контрольные функции, вопросы использования и охраны природных вод занимают министерства: энергетики и электрификации, речного флота, рыб-

ного хозяйства, строительства, коммунального хозяйства, сельского хозяйства, Главное управление гидрометеослужбы и ряд других. Министерство энергетики и электрификации СССР осуществляет проектирование и строительство крупных комплексных гидроузлов, имеющих первостепенное энергетическое значение. Проектирование и строительство систем коммунального и промышленного водоснабжения, а также канализации и различных очистных сооружений находятся в ведении проектных организаций Государственного комитета Совета Министров СССР по делам строительства и соответствующих промышленных министерств. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и комплексов по очистке воды производится ведомствами Министерства коммунального хозяйства, исполкомами местных Советов и промышленными министерствами.

Изучение и учет всех поверхностных вод ведется на широко разветвленной сети наблюдательных постов и станций, принадлежащих Главному управлению гидрометеослужбы при Совете Министров СССР, а подземных вод — Министерству геологии СССР.

Проблема комплексного использования и охраны водных ресурсов является наиболее важной для всего населения земного шара. Поэтому в большинстве развитых государств ее решению уделяется много внимания, что нашло свое выражение в соответствующих законах и постановлениях.

В США в соответствии с законом о планировании водных ресурсов от 1965 г. был создан Совет по водным ресурсам, который является консультативным органом при президенте страны. Основное назначение этого Совета — «поощрение сохранения, развития и использования водных и смежных земельных ресурсов США на общей координированной основе Федеральным правительством, властями штатов, местными органами власти, корпораций, отдельными лицами, частными предприятиями и организациями». Кроме того, планированием использования водных и земельных ресурсов ведают комиссии по управлению речными бассейнами и некоторые другие организации.

В Англии функционирует Совет по водным ресурсам, который дает консультации и рекомендации руководящим инстанциям по всем вопросам, связанным с водными ресурсами. Этот орган периодически проверяет деятельность различных водохозяйственных управлений, помогает им в составлении планов и разрабатывает меры по охране вод от загрязнения и истощения.

Во Франции также принят закон о воде. В соответствии с ним функции Министерства планирования и благоустройства были расширены путем создания центральных органов по воде и бассейновых управлений. Взимание платы за потребление чистой воды и за выпуск сточных вод позволило получать дополнительные средства для строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов.

В Финляндии организовано Главное управление водного хозяйства в системе Министерства сельского хозяйства. В его функции входит решение всех вопросов, связанных с исследованием, комплексным использованием и охраной природных вод.

В некоторых социалистических странах (ЧССР, ВНР, ГДР, ПНР) водное хозяйство выделено в качестве самостоятельной отрасли экономики. Это вызвано ограниченностью водных ресурсов и необходимостью улучшения их использования. Так, в Чехословацкой Социалистической Республике решение всех водохозяйственных вопросов находится в ведении Министерства лесного и водного хозяйства. В его состав входят десять дирекций основных водотоков (бассейновые управления). Положительное действие имела введенная в 1966 г. плата за водопользование. В Венгерской Народной Республике рациональное использование и охрана вод осуществляются Государственным ведомством водного хозяйства, которое руководит деятельностью двенадцати водохозяйственных управлений, организованных с учетом речных бассейнов и административных районов.

В Советском Союзе достигнуты большие успехи в водохозяйственном проектировании и строительстве. Об этом свидетельствуют действующие крупнейшие комплексные гидроузлы, ирригационные и судоходные каналы большой протяженности, сотни оригинальных гидротехнических сооружений. Особо выделяются ведущиеся научные и проектные работы, связанные с межбассейновым перераспределением речного стока.

Во многом этот прогресс связан с солидными научными исследованиями и проектными проработками, результаты которых являются основой большинства осуществленных водохозяйственных мероприятий. Для решения ответственных вопросов по крупным водохозяйственным системам и объектам принимаются постановления правительством. В подготовке этих решений большая роль принадлежит Академии наук СССР и Государственному комитету Совета Министров СССР по науке и технике. К числу ведущих научных и проектно-изыскательских институтов относятся Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники им. Б. Е. Веденеева (ВНИИГ), Институт водных проблем АН СССР, Гидропроект им. С. Я. Жука (и его отделения), Всесоюзный научно-исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной геологии (ВОДГЕО), Государственный гидрологический институт (ГГИ), Союзводпроект, Гипроводхоз (и его отделения), Центральный научно-исследовательский институт по комплексному использованию водных ресурсов (ЦНИИКИВР), Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны вод (ВНИИВО) и др.

Большую роль в подготовке кадров и проведении научных исследований для водного хозяйства играют такие высшие учебные заведения, как Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина, Московский инженерно-строительный ин-

ститут им. В. В. Куйбышева, Московский гидромелиоративный институт, Ленинградский гидрометеорологический институт, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт, Украинский институт инженеров водного хозяйства, Среднеазиатский институт ирригации и механизации сельского хозяйства и т. д.

Авторитет Советского Союза в области комплексного использования и охраны водных ресурсов высоко оценен всеми странами мира. Ведущие водохозяйственные учреждения и виднейшие гидротехники СССР являются членами соответствующих организаций ООН, ЮНЕСКО, СЭВ, ряда международных объединений, к числу которых относятся Ассоциация по гидравлическим исследованиям, Ассоциация по ирригации и дренажу, Комитет по высоким плотинам и т. д.

Советские специалисты оказывали и оказывают большую помощь социалистическим и развивающимся странам в проектировании и строительстве крупных гидротехнических объектов, имеющих существенное экономическое значение: Арабской Республике Египет, Сирийской Арабской Республике, Монгольской Народной Республике, Корейской Народно-Демократической Республике, Демократической Республике Вьетнам, Афганистану, Бирманскому Союзу, Ирану, Индонезии, Республике Шри Ланка и др.

Важное международное значение имеет сотрудничество социалистических государств по решению целого ряда водохозяйственных проблем, осуществляемое по линии Совета Экономической Взаимопомощи. В частности, заслуживает внимания генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Тиссы, составленная специалистами Венгрии, Румынии, Чехословакии, СССР и Югославии. При этом по единой методике (с учетом специфики каждой страны) были разработаны современные и перспективные водохозяйственные балансы, а также мероприятия по предотвращению вод от загрязнения и истощения.

### § 3. КОНТРОЛЬ ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОД

Государственный контроль за использованием и охраной вод осуществляется Советами депутатов трудящихся и их исполнительными органами. Функции государственного надзора и контроля за использованием водных ресурсов возложены на Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР, в котором имеется Государственная инспекция по охране водных источников, объединяющая деятельность бассейновых инспекций. В последние входит много участков с соответствующими гидрохимическими лабораториями. Аналогичные лаборатории имеются и на всех крупных предприятиях, располагающих очистными сооружениями.



Учреждения водного контроля выявляют источники загрязнения поверхностных и подземных вод и разрабатывают меры по устранению их вредного влияния на водоемы и водотоки; участвуют в обосновании размещения различных объектов при условии обеспечения охраны природных вод; организуют исследования по очистке промышленных и бытовых стоков, изменению количества и концентрации сточных вод в зависимости от совершенствования технологических процессов; разрабатывают и проводят организационные мероприятия по охране вод; контролируют проектирование и строительство очистных сооружений. Бассейновые инспекции наделены широкими правами, вплоть до права приостанавливать работу предприятий, не обеспечивающих очистку и обезвреживание сточных вод, а также принимать ряд других мер.

Деятельность указанных учреждений и более внимательное отношение руководителей предприятий к рациональному использованию и охране водных ресурсов уже дали положительные результаты. Так, за последние годы значительно сократился объем сточных вод в бассейнах крупнейших рек европейской части СССР, а к 1980 г. намечено полностью прекратить сброс неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод во всех городах, расположенных в бассейнах рек Волги и Урала. Существенную роль в выполнении этого решения играет созданное в 1970 г. Управление по охране водных ресурсов Каспийского моря. Особое значение имеет контроль за качеством воды, используемой для питьевого водоснабжения и в оздоровительных целях. Для этого Министерство здравоохранения СССР устанавливает нормы чистоты природных вод и по согласованию с Госпланом СССР утверждает «Правила охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения сточными водами».

Для бережливого использования природных вод в перспективе назревает необходимость введения платы за воду. Это вызвано возрастающим дефицитом пресной воды в связи с ограниченностью ее запасов в ряде районов и недостаточно рациональным расходом воды отдельными предприятиями в условиях ее бесплатного использования.

Составными элементами тарифа на воду, по-видимому, должны быть:

- полная сумма амортизационных отчислений от стоимости основных фондов водохозяйственных организаций;
- издержки по эксплуатации гидротехнических объектов;
- плата за основные производственные фонды;
- накопления для финансирования капиталовложений и образования поощрительных фондов;
- создание страховых резервов;
- минимальный размер отчислений в бюджет от прибылей.

При введении платы за воду будет возможно осуществлять расширенное воспроизводство основных фондов водохозяйст-

венных организаций за счет накоплений, которые должны быть предусмотрены тарифом.

Соответствующая разница между суммами, получаемыми от различных предприятий в уплату за воду, и расчетными ценами должна регулироваться главным водохозяйственным органом — Министерством мелиорации и водного хозяйства.

В случае, если введение платы за воду будет признано целесообразным, необходимо разработать типовые соглашения между руководящими водохозяйственными учреждениями и различными водопользователями.

Для более правильного исчисления платы за воду целесообразно исходить из двухставочного тарифа. При применении этой системы в ирригации возможно устанавливать плату за каждый гектар орошаемой площади и за каждый кубометр воды, поступившей на поле, что учитывается различными типами водомеров. Аналогично можно поступать и с другими водопользователями.

Двухставочный тариф будет обеспечивать более устойчивое финансирование водохозяйственных объектов и способствовать более рациональному и экономному расходованию воды.

#### § 4. ОБЯЗАННОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И УЧАСТНИКОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

При планировании использования водных ресурсов необходимо научно обосновать распределение воды между различными водопользователями. В качестве исходных материалов для этого используются данные Государственного водного кадастра, водохозяйственные балансы, схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов.

В водном кадастре сосредоточены данные по объемам стока, характерным уровням и качеству воды, зафиксированы все места водозабора и выпуска отработанных вод. Учет вод и ведение Государственного водного кадастра возложены на Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР совместно с Министерством геологии СССР (по разделу подземных вод) и Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР (по учету использования вод).

При разработке перспективных водохозяйственных мероприятий следует предусматривать распределение обязанностей между отдельными участниками водохозяйственного комплекса. Все водопользователи должны наиболее рационально и экономно использовать природные воды, а также осуществлять мероприятия по восстановлению и улучшению качества водных ресурсов. Они не могут допускать нарушения прав, предоставленных другим водопользователям, а также причинять ущерб земле, растительности, животным и полезным ископаемым. От всех водопользователей требуется содержание в исправном

состоянии различных гидротехнических сооружений, регулирующих количество и качество используемой воды.

Водные объекты предоставляются в бессрочное или временное пользование. Право водопользования прекращается в случае истечения установленного срока или ликвидации отдельных водопользователей, а также при изъятии водных объектов из собственности.

Взаимоотношения между отдельными участниками водохозяйственного комплекса должны быть построены на основе увязки их интересов с целью получения наибольшего экономического эффекта. Регулирование отношений между ними осуществляется руководящими советскими органами и водохозяйственными учреждениями. В отдельных случаях предпочтение может отдаваться наиболее важным водопользователям, к числу которых прежде всего относится водоснабжение населения. При затяжном маловодье приходится ограничивать интересы гидроэнергетики, судоходства, а иногда и орошения. Все эти вопросы должны решаться в рамках плана экономического развития данного района или речного бассейна.

Использование водных ресурсов в различных целях следует производить с соблюдением следующих правил.

*Водоснабжение.* Удовлетворение нужд питьевого водоснабжения производится из водоемов и водотоков, качество воды в которых удовлетворяет санитарным требованиям. Забор воды осуществляется в соответствии с утвержденными проектами и разрешениями на специальное водопользование. Все объекты, использующие питьевую воду, обязаны вести учет ее расходования и проводить систематические наблюдения за ее качеством в источниках водоснабжения.

При водоснабжении промышленных предприятий должны соблюдаться технологические нормы и правила водопользования, а также проводиться мероприятия по всемерному сокращению расходования воды и прекращения сброса отработанных стоков. Как уже указывалось ранее, это может быть достигнуто за счет применения оборотного водоснабжения, воздушного охлаждения, безводных технологических процессов и других способов.

В районах, характеризующихся достаточными запасами подземных вод, непригодных для питьевых или лечебных целей, возможно использование их для технического водоснабжения, извлечения из них различных химических соединений и т. п. В процессе эксплуатации подземных водоносных горизонтов следует вести постоянные наблюдения за их уровнями и дебитом, с тем чтобы не допустить их истощения.

*Орошение, обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение.* Поливы орошаемых культур должны осуществляться в соответствии с поливными графиками и планами водопользования для каждой системы. При этом особое внимание следует обращать на всемерное сокращение потерь на фильтрацию, испаре-

ние и непроизводительные сбросы из каналов. При заборе воды из источников орошения и водоснабжения должны выполняться рыбозащитные и рыбозаградительные устройства.

Орошение сточными бытовыми и промышленными водами может быть допущено лишь по согласованию с органами санитарной и ветеринарной службы. При эксплуатации земледельческих полей орошения следует обеспечить постоянный отвод просачивающихся стоков, для того чтобы не допустить подъема уровня грунтовых вод.

При проектировании оросительных систем в условиях частичного дефицита водных ресурсов необходимо предусмотреть возможность временного ограничения полива отдельных сельскохозяйственных культур, что должно быть учтено в соответствующих планах севооборота.

*Энергетика.* Использование водотоков и водоемов в интересах энергетики должно проводиться с учетом требований других участников водохозяйственного комплекса и не вызывать резкого ухудшения природных условий района, в пределах которого осуществляется комплексное освоение водных ресурсов.

При разработке водохозяйственных схем применительно к недостаточно водообеспеченным районам следует параллельно с проектируемыми гидростанциями предусматривать и другие источники электроэнергии, которые могут удовлетворить потребности основных народнохозяйственных объектов. Поэтому в разрабатываемых планах нужно установить места расположения и основные параметры гидростанций, наметить дополнительные источники электроэнергии и пути объединения энергосистемы. Выявляются также потребители энергии, их размещение и ожидаемые нагрузки, сопоставляется выработка на гидростанциях и других энергетических установках. В результате этого может быть установлен удельный вес гидроэнергетики в общем энергетическом балансе района.

*Водный транспорт и лесосплав.* Все водотоки и водоемы, располагающие необходимыми условиями для судоходства, являются водными путями общего пользования, за исключением отдельных случаев, когда они используются по особому назначению. Как уже указывалось ранее, применение молевого сплава должно быть крайне ограничено.

## § 5. ЗНАЧЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Главной проблемой современной гидрологии является разработка методики прогнозирования режима природных вод, что имеет весьма важное значение для всех отраслей народного хозяйства. Применение методов гидрологических прогнозов способствует более рациональному использованию водных ресурсов и позволяет повысить эффективность регулирования

стока за счет предвидения состояния водоемов и водотоков в пределах от нескольких дней до нескольких месяцев. Это дает возможность получать существенный экономический эффект, исчисляемый, в зависимости от точности прогнозирования, в весьма крупных суммах.

Гидрологические прогнозы бывают долгосрочными и краткосрочными. Долгосрочные прогнозы нужны для планирования выработки электроэнергии на гидростанциях, регулирования стока в интересах орошения, судоходства, лесосплава, рыбного хозяйства и т. д.

Краткосрочные прогнозы необходимы для принятия ряда оперативных решений, с тем чтобы обеспечить наиболее эффективное использование водных ресурсов или безопасную эксплуатацию сооружений и водохозяйственных комплексов.

Система гидрологического прогнозирования в нашей стране получила большое распространение. Гидрометеорологической службой ежегодно выпускается свыше 10 тыс. долгосрочных прогнозов и около 100 тыс. краткосрочных прогнозов и предупреждений. Из них наиболее важными являются:

1) прогнозы месячного, квартального и сезонного притоков воды ко всем водохранилищам крупных ГЭС;

2) прогнозы изменения стока горных рек в районах развитого орошения за вегетационный период и более кратковременные (месяц, декада);

3) долгосрочные прогнозы максимальных уровней рек во время весенних паводков;

4) краткосрочные прогнозы расходов воды и уровней рек во время весенних и летних паводков, межени, а также краткосрочные прогнозы притока воды в водохранилища на протяжении всего года;

5) долгосрочные и краткосрочные прогнозы замерзания и вскрытия рек, озер и водохранилищ.

Установлено, что прогнозирование притока в водохранилища крупных гидростанций позволяет увеличить выработку электроэнергии до 1,5—2% при одновременном удовлетворении потребностей других участников водохозяйственных комплексов.

Как отмечалось ранее, для затопления нерестилищ и лугов в нижнем течении Волги необходимы попуски значительных объемов воды из водохранилища Волгоградского гидроузла. Поэтому в маловодные годы в пределах волжского каскада водохранилищ могут возникнуть затруднения с обеспечением запросов в воде различных отраслей народного хозяйства. Использование долгосрочных прогнозов суммарного притока во все водохранилища каскада дает возможность решить вопрос об общем объеме пусков без ущерба для остальных водопользователей. Получаемая заранее информация о предполагаемом притоке в водохранилище позволяет более эффективно использовать их полезные объемы. Так, ожидая большого притока, производят

интенсивную сработку водохранилища до прохождения весеннего паводка, что дает возможность в последующем отказаться от холостых сбросов воды. Если прогнозируемый приток незначителен, то поступают наоборот, стремясь уменьшить сработку, чтобы заполнить водохранилище до максимально возможного уровня. Это позволит увеличить выработку электроэнергии на ГЭС и удовлетворить запросы ряда водопользователей. Прогнозы такого вида весьма важны для водохранилищ, характеризующихся большими колебаниями весенних паводков (Цимлянское и др.).

В связи с тем, что в настоящее время полезный объем всех водохранилищ составляет около  $400 \text{ км}^3$ , а в обозримой перспективе достигнет  $800\text{—}1000 \text{ км}^3$ , т. е. примерно четверти среднегодового стока рек СССР, роль гидрологического прогнозирования будет неизменно возрастать. Для водного хозяйства особенно, по сравнению с другими отраслями, существенное значение имеют высокая степень предвидения и разработка долгосрочных прогнозов на длительную перспективу.

Крайне важны гидрологические прогнозы в орошаемом земледелии. Как следует из табл. 14, половина всей воды, используемой в народном хозяйстве, расходуется на нужды орошения. Поэтому знание режима стока рек, где устраиваются ирригационные водозаборы, позволяет заблаговременно принять меры по более эффективному применению воды в сельскохозяйственных целях. В условиях республик Средней Азии в годы повышенной водности можно дополнительно оросить заранее подготовленные для полива площади и, наоборот, в маловодные годы предварительно наметить мероприятия по предотвращению вредных последствий, связанных с недостатком воды. Подобные действия возможны ввиду того, что первые сведения о предполагаемом стоке начинают поступать до начала весенних полевых работ.

Существенное значение имеют гидрологические прогнозы при борьбе с вредным воздействием вод, в первую очередь, с наводнениями, селевыми потоками и ледовыми явлениями в виде заторов и зажоров. Каталоги критических и опасных значений уровней и расходов, имеющих для различных мест речных бассейнов, позволяют указывать в гидрологических прогнозах и предупреждениях степень опасности, которая может грозить конкретным народнохозяйственным объектам и населенным пунктам. Все это дает возможность заблаговременно осуществить меры по их защите и значительному сокращению затрат на возмещение убытков от различных стихийных бедствий.

Для получения достаточно достоверных прогнозов необходимо систематическое проведение широкого круга исследований по различным направлениям, к которым относятся: интенсивность снеготаяния; динамика поверхностного стока и просачивания талых и дождевых вод; регулирование стока естественными и преобразованными речными системами; неустановившееся дви-



жение воды в руслах; теплообменные процессы в водоемах, водотоках, атмосфере и т. д. Существенную роль при этом играет теоретическое моделирование с применением электронной вычислительной техники, а также исследования, проводимые в космосе с помощью спутников Земли, космических кораблей и орбитальных станций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В большинстве стран вопросы рационального использования и охраны природных вод с каждым годом приобретают все большее значение. Это связано не только с непрерывно растущими масштабами водопользования и продолжающимся загрязнением вод, но и с прогрессирующим дефицитом водных ресурсов во многих густонаселенных районах мира. Некоторые специалисты утверждают, что человечеству в будущем грозит водный голод, и прежде всего большой дефицит чистой воды. Однако из более глубокого анализа запасов природных вод и перспектив развития человеческого общества следует, что при строгом соблюдении комплекса мероприятий по охране от загрязнения и истощения водные ресурсы земного шара будут достаточными для удовлетворения растущих потребностей его населения.

Социалистическая система ведения хозяйства базируется на принципе наиболее разумного и эффективного использования всех природных богатств, что позволяет планировать развитие нашего государства на различные перспективные периоды.

В статье об основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг. по этому поводу указано: «Осуществлять меры по комплексному и рациональному использованию и охране земельных, водных и лесных ресурсов. Совершенствовать прогнозирование влияния производства на окружающую среду и учитывать его возможные последствия при подготовке и принятии проектных решений».\*

На современном этапе водное хозяйство нашей страны характеризуется рядом новых особенностей. К числу их относятся образование сложных водохозяйственных систем и решение проблем межбассейнового перераспределения речного стока между различными географическими зонами, что связано с нарушением равновесия многообразных природных факторов. Заметно возрастает влияние хозяйственной деятельности человека на влагооборот как по количественным, так и по качественным показателям.

\* «Правда», 1976 г., 7 марта.

телям. По мере дальнейшего развития экономики будет происходить усиление этих особенностей. Поэтому необходимо проведение научно обоснованной водохозяйственной политики, базирующейся на гармоничном сочетании обеспечения потребностей различных отраслей народного хозяйства в совокупности с полным удовлетворением непрерывно растущих духовных и физических запросов населения. В качестве наиболее важных условий этой политики можно назвать следующие:

1) коренное улучшение водного баланса отдельных районов стран и регионов путем регулирования имеющегося стока наземных и подземных вод с помощью создания крупных гидрозвулов, водохранилищ и каналов и применения искусственных методов регулирования стока (интенсификация выпадения осадков и др.).

2) всемерное сокращение удельного водопотребления в промышленном и сельскохозяйственном производстве;

3) резкое уменьшение, а в перспективе и прекращение загрязнения природных вод отработанными стоками за счет перехода к безотходным системам производств, извлечения из сточных вод всех ценных составляющих, создания сверхдальних канализационных коллекторов с выпуском очищенных вод в глубоководные зоны морей и океанов;

4) создание автоматизированных водохозяйственных систем, позволяющих управлять количеством и качеством воды, потребляемой различными водопользователями;

5) решение демографических и социально-экономических проблем с учетом водного фактора;

6) проведение широкого круга исследований и разработка комплекса мероприятий по уменьшению влияния некоторых негативных последствий водохозяйственного строительства на окружающую среду;

7) использование экономических стимулов для дальнейшего совершенствования и развития водохозяйственных систем;

8) создание единой водохозяйственной системы страны.

Выполнение этих условий вместе с рядом других не менее сложных вопросов возможно при объединении усилий большого круга специалистов, работающих в различных отраслях науки и техники. Успеху будет содействовать и осуществление широкой программы комплексных научных исследований, результаты которых позволят рассчитывать и прогнозировать не только более рациональное использование водных ресурсов, но и предвидеть последствия вмешательства человека в природные процессы, что является одной из основных задач науки о Земле.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авакян А. Б., Овчинникова С. П. Некоторые данные о водохранилищах мира.— «Гидротехническое строительство», 1971, № 8.
- Авакян А. Б., Шарапов В. А. Водохранилища гидростанций СССР. Изд. 2-е. М., «Энергия», 1968.
- Алаторцев Е. К. Комплексное использование местного стока. М., «Колос», 1971.
- Александровский Ю. В. О состоянии Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов на отдаленную перспективу.— «Гидротехническое строительство», 1971, № 8.
- Бахтияров В. А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты, [Уч. для вузов]. Л., Гидрометеоиздат, 1961.
- Бородавченко И., Толстихин О. Водные ресурсы: рациональное использование и охрана. — «Коммунист», 1975, № 14.
- Вендров С. Л. Проблемы преобразования речных систем. Л., Гидрометеоиздат, 1970.
- Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. Л., Гидрометеоиздат, 1967.
- Водный баланс СССР и его преобразование. М., «Наука», 1969.
- Водный кодекс РСФСР. М., Изд-во юрид. лит., 1972.
- Гангардт Г. Г. К вопросу о переброске части неиспользуемого стока северных и сибирских рек в районы, испытывающие дефицит водных ресурсов.— «Гидротехническое строительство», 1971, № 8.
- Герарди И. Воду сибирских рек — засушливым землям юга. — «Гидротехника и мелиорация», 1972, № 12.
- Гидротехнические сооружения комплексных гидроузлов. [Под ред. П. С. Непорожного]. Л., «Энергия», 1973.
- Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов СССР. [Под ред. П. С. Непорожного]. Л., «Энергия», 1970.
- Гидроэнергетические ресурсы. [Под ред. А. Н. Вознесенского]. М., «Наука», 1967.
- Гидроэнергетические установки. [Уч. для вузов. Под ред. Д. С. Щавелева]. Л., «Энергия», 1972.
- Гришин М. М. Гидротехнические сооружения. [Уч. для вузов]. М., Госстройиздат, 1962.
- Губин Ф. Ф., Кулерман В. Л. Экономика водного хозяйства и гидротехнического строительства. [Уч. для вузов]. М., Стройиздат, 1965.
- Доманский А. П., Дубровина Р. Г., Исаева А. И. Реки и озера Советского Союза. Л., Гидрометеоиздат, 1971.
- Елохин Е. А. Технико-экономические расчеты по водохозяйственному комплексу.— Труды Гидропроекта, вып. 17. Л., «Энергия», 1969.
- Жуков А. И. и др. Канализация. М., Стройиздат, 1969.
- Зарубаев Н. В. Влияние системы обработки земель и внесения удобрений на режим водохранилищ.— Труды координац. совещ. по гидротех.

«Комплексное использование водохранилищ и их влияние на окружающую среду». Л., «Энергия», 1973.

Зарубаев Н. В. О тепловом режиме водохранилищ.— Изв. вузов, «Энергетика», 1973, № 9.

Зарубаев Н. В. Комплексные исследования по обоснованию проекта межбассейнового перераспределения части стока сибирских рек.— Труды ЛПИ им. М. И. Калинина, вып. 346. Л., 1975.

Захаров В. П. О некоторых вопросах расчетов эффективности капиталовложений в комплексное гидростроительство.— «Гидротехническое строительство», 1962, № 7.

Зулик Д. Т. Экономика водного хозяйства. М., «Колос», 1966.

Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л., Гидрометеониздат, 1975.

Использование воды в народном хозяйстве. Л., «Энергия», 1973. (Авт.: Г. Г. Гангардт, В. С. Замахасев, Л. В. Минькович-Печерский, С. Л. Озиранский).

Исследования влияния орошения и осушения земель на водные ресурсы.— Труды ГГИ, вып. 208. Л., Гидрометеониздат, 1973.

Калинин Г. П. Проблемы глобальной гидрологии. Л., Гидрометеониздат, 1968.

Кемелев А. А. Групповые системы сельскохозяйственного водоснабжения. М., «Колос», 1971.

Коммонер Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология. [Пер. с англ.] Л., Гидрометеониздат, 1974.

Конюшков А. М., Яковлев С. В. Водоснабжение и канализация. Изд. 2-е. М., Госстройиздат, 1960.

Костяков А. Н. Основы мелиорации. Изд. 6-е. М., Сельхозгиз, 1960.

Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. О Генеральной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР.— Труды Гидропроекта, вып. 205. М., «Энергия», 1964.

Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Водные проблемы СССР.— «Гидротехническое строительство», 1974, № 8.

Кузин П. С. О влиянии агротехнических мероприятий на речной сток.— Труды ГТИ, вып. 127. Л., 1965.

Левин И. И. Инженерная гидрология. М., «Высшая школа», 1968.

Львович М. И. Человек и воды. Преобразование водного баланса и речного стока. М., Географиздат, 1963.

Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М., «Мысль», 1974.

Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л., Гидрометеониздат, 1974.

Михайлов А. В. Внутренние водные пути. [Уч. для вузов]. М., Стройиздат, 1973.

Проблемы комплексного использования водных ресурсов бассейна Волги.— «Водные ресурсы», 1975, № 4. (Авт.: А. Б. Авакян, Г. П. Калинин, В. А. Шарапов, А. Е. Асорин, С. Л. Вендров, Ю. М. Матарзин).

Складнев М. Ф. Научные исследования в области гидротехники и гидроэнергетики в СССР.— «Гидротехническое строительство», 1970, № 12.

Сыроеждин М. И. Обоснование водохозяйственных комплексов. Л., «Энергия», 1974.

Уайт Г. Водные ресурсы США. Проблемы использования. [Пер. с англ.]. М., «Прогресс», 1973.

Федоров Е. К. Взаимодействие общества и природы. Л., Гидрометеониздат, 1972.

Шнитников А. В. Вероятные тенденции колебаний водности территории СССР.— «Вопросы географии», № 73. М., 1968.

Щавелев Д. С. О разнесении между водопользователями затрат водохозяйственного комплекса.— «Гидротехническое строительство», 1966, № 6.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие : : . . . . .	3
<b>Глава 1. Водные ресурсы</b> . . . . .	<b>5</b>
§ 1. Распределение воды на Земле . . . . .	5
§ 2. Водные ресурсы СССР . . . . .	9
§ 3. Водный баланс и влияние на него хозяйственной деятельности человека : : . . . . .	18
<b>Глава 2. Потребности в воде основных отраслей народного хозяйства</b> . . . . .	<b>24</b>
§ 1. Виды водообеспечения . . . . .	24
§ 2. Промышленность . . . . .	26
§ 3. Коммунальное хозяйство . . . . .	30
§ 4. Сельское хозяйство . . . . .	32
§ 5. Энергетика . . . . .	39
§ 6. Транспорт . . . . .	44
§ 7. Здоровоохранение и спорт . . . . .	46
<b>Глава 3. Водохозяйственный комплекс, его компоненты и перспективы их развития</b> . . . . .	<b>49</b>
§ 1. Значение водохозяйственного комплекса для развития народного хозяйства . . . . .	49
§ 2. Водоснабжение и водоотведение . . . . .	53
§ 3. Гидромелиорации . . . . .	57
§ 4. Использование водной энергии . . . . .	71
§ 5. Водный транспорт и лесосплав . . . . .	78
§ 6. Рыбное хозяйство . . . . .	81
§ 7. Динамика использования воды народным хозяйством . . . . .	84
<b>Глава 4. Регулирование водных ресурсов</b> . . . . .	<b>86</b>
§ 1. Виды регулирования стока . . . . .	86
§ 2. Основные параметры водохранилищ . . . . .	89
§ 3. Регулирование стока водохранилищами . . . . .	92
§ 4. Комплексный гидроузел . . . . .	96
§ 5. Требования участников водохозяйственных комплексов к водохранилищам . . . . .	100
§ 6. Последствия создания водохранилищ . . . . .	103
§ 7. Переброска стока из других бассейнов . . . . .	108
§ 8. Использование подземных вод . . . . .	110
§ 9. Деминерализация морских, океанских и соленых вод . . . . .	113
<b>Глава 5. Охрана вод от загрязнения</b> . . . . .	<b>115</b>
§ 1. Современное санитарное состояние водотоков и водоемов . . . . .	115
§ 2. Основные источники загрязнения природных вод . . . . .	117
§ 3. Влияние источников загрязнения на качество вод в водоемах и водотоках . . . . .	118
§ 4. Требования к качеству воды . . . . .	122
§ 5. Самоочищение природных вод . . . . .	124
§ 6. Мероприятия по охране водных ресурсов от загрязнения . . . . .	126

	Стр.
<b>Глава 6. Планирование использования водных ресурсов</b> . . . . .	136
§ 1. Задачи Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов . . . . .	136
§ 2. Методика разработки Генеральной схемы . . . . .	139
§ 3. Водохозяйственные балансы и принципы их составления . . . . .	143
§ 4. Понятие об итоговом водохозяйственном балансе . . . . .	150
<b>Глава 7. Вопросы экономики водохозяйственных комплексов</b> . . . . .	152
§ 1. Методические основы технико-экономических расчетов . . . . .	152
§ 2. Определение экономической эффективности проектируемых водохозяйственных комплексов . . . . .	154
§ 3. Распределение затрат между участниками водохозяйственного комплекса. Себестоимость . . . . .	158
§ 4. Вопросы компенсации некоторых ущербов при создании водохозяйственных комплексов . . . . .	163
<b>Глава 8. Важнейшие водохозяйственные проблемы СССР</b> . . . . .	167
§ 1. Использование водных ресурсов Северо-Запада РСФСР, Белоруссии и республик Прибалтики . . . . .	167
§ 2. Водные проблемы Украины и Молдавии . . . . .	168
§ 3. Использование водных ресурсов в бассейне Волги, Камы, Дона и Урала . . . . .	170
§ 4. Использование стока рек Северного Кавказа и республик Закавказья . . . . .	175
§ 5. Схемы перераспределения речного стока в европейской части СССР . . . . .	180
§ 6. Водохозяйственные проблемы республик Средней Азии и Казахстана . . . . .	190
§ 7. Схемы переброски стока сибирских рек . . . . .	195
§ 8. Перспективы использования рек Восточной Сибири и Дальнего Востока . . . . .	201
<b>Глава 9. Основы водного законодательства и эксплуатации объектов водного хозяйства</b> . . . . .	205
§ 1. Задачи водного законодательства . . . . .	205
§ 2. Управление водными ресурсами СССР . . . . .	207
§ 3. Контроль за использованием вод . . . . .	211
§ 4. Обязанности водопользователей и участников водохозяйственного комплекса . . . . .	213
§ 5. Значение гидрологических прогнозов для эксплуатации водохозяйственных объектов . . . . .	215
<b>Заключение</b> . . . . .	218
<b>Список литературы</b> . . . . .	220



Николай Владимирович Зарубаев

**КОМПЛЕКСНОЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
И ОХРАНА  
ВОДНЫХ  
РЕСУРСОВ**

Редактор Н. Г. Семина  
Обложка художника А. И. Андреева  
Технический редактор Г. С. Слауцитайс  
Корректоры И. Г. Баранова и И. И. Кудревич

---

Сдано в набор 5/II 1976 г. Подписано к печати 18/V 1976 г. М-24073. Формат бумаги 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага типографская № 3. Усл. печ. л. 14. Уч.-изд. л. 14,95. Изд. № 1484Л. Тираж 12 000 экз. Заказ № 287. Цена 68 коп.

---

Стройиздат, Ленинградское отделение  
191011, Ленинград, пл. Островского, 6

---

Ленинградская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, 196126, Ленинград, Ф-126, Социалистическая ул., 14.