

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

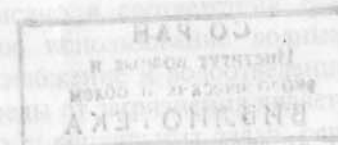
Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

С.В. Яковлев, И.Г. Губий,
И.И. Павлинова

Комплексное использование водных ресурсов

*Издание второе, переработанное
и дополненное*

Допущено
Министерством образования и науки
Российской Федерации в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности
«Водоснабжение и водоотведение»
направления «Строительство»



Москва «Высшая школа» 2008

1220.8475+5452+5
947 УДК 556
ББК 26.222
К11

Рецензенты:

кафедра сельскохозяйственного водоснабжения Московского государственного университета природообустройства (зав. кафедрой канд. техн. наук, проф. А.Н. Рожков); канд. техн. наук, проф. П.П. Пальгунов (МосводоканалНИИпроект)

Комплексное использование водных ресурсов: Учеб. пособие / С.В. Яковлев, И.Г. Губий, И.И. Павлинова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2008. — 383 с.: ил.

ISBN 978-5-06-005957-1

В учебном пособии рассмотрены вопросы комплексного использования и охраны водных ресурсов при решении водохозяйственных задач промышленности, сельского хозяйства, городов и населенных пунктов. Рассмотрены принципы построения водохозяйственных комплексов и даны методики расчета их элементов. Уделено внимание обоснованию наиболее выгодных экономических и технических решений, учитывающих экологические и социологические стороны решения проблемы комплексного использования водных ресурсов.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Водоснабжение и водоотведение».



ISBN 978-5-06-005957-1 © ОАО «Издательство «Высшая школа», 2008

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещается.

УДК 556
ББК 26.222

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вода — это важнейший стратегический ресурс, имеющий первостепенное значение в обеспечении экономического развития страны и устойчивости биосферы. Природообразующие функции воды чрезвычайно велики. Состояние здоровья населения, развитие экономики страны в значительной степени зависят от наличия и качества водных ресурсов, их рационального использования.

Россия обладает одним из самых высоких водных потенциалов в мире — на каждого жителя приходится свыше 30 000 м³ воды в год. Однако в настоящее время из-за загрязнения или засорения около 70 % рек и озер России утратили свои качества как источники питьевого водоснабжения, в результате около половины населения потребляет загрязненную недоброкачественную воду.

Загрязнение водных объектов-источников питьевого водоснабжения при недостаточной барьерной роли действующих водоочистных сооружений резко обострило проблему водообеспечения многих регионов России питьевой водой и создает серьезную опасность для здоровья населения, обуславливает высокий уровень заболевания кишечными инфекциями. В связи с этим подготовка специалиста, обладающего навыками создания и эксплуатации систем комплексного использования водных ресурсов, приобретает первостепенное значение.

Учебное пособие написано в соответствии с программой дисциплины «Комплексное использование водных ресурсов» для специальности «Водоснабжение и водоотведение». Проблема охраны окружающей среды от загрязнения является одной из важнейших экономических и социальных задач, решение которых в первую очередь направлено на обеспечение воспроизводства и рационального использования водных ресурсов.

Целью преподавания дисциплины «Комплексное использование водных ресурсов» является формирование у студентов

профессиональных знаний и навыков для решения практических задач комплексной оценки запасов природных вод и прогнозирования их состояния, разработки мер по сокращению непроизводительных потерь воды и проектирования сооружений для защиты водных источников от истощения, загрязнения и засорения.

Изучение дисциплины ставит своей задачей показать связь между непрерывно развивающейся хозяйственной деятельностью и масштабами водоиспользования, а также особую важность в этих условиях мероприятий по комплексному использованию водных ресурсов. Наряду с этим указывается роль экономических, экологических и социальных факторов в развитии водной отрасли хозяйства.

В задачи дисциплины входит научить студентов основным приемам расчета и методам проектирования водохозяйственных комплексов, рационально использующих водные ресурсы, разработке мероприятий по сокращению непроизводительного расхода воды, а также правильно притворять на практике водоохранные мероприятия.

Данное учебное пособие обобщает теоретические и научно-технические разработки ведущих научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, требования действующих стандартов, строительных норм и правил проектирования, а также юридические и организационные аспекты водного законодательства России.

Материал пособия базируется на следующих дисциплинах: высшая математика, вычислительная техника и программирование, численные методы решения задач на ЭВМ, физика, химия и микробиология воды, гидравлика, гидрология, гидрометрия, гидротехнические сооружения, экономика отрасли, охрана окружающей среды, водопроводные системы и сооружения, водотводящие системы и сооружения.

В конце изложенного материала даны основные термины и определения, употребляемые в действующих стандартах, строительных нормах и правилах, специальной технической литературе.

Книга «Комплексное использование водных ресурсов» написана с учетом материалов учебника для вузов «Рациональное использование водных ресурсов» авторов Яковлева С.В., Прозорова И.В., Иванова Е.Н., Губия И.Г.

Главы 2, 5 написаны акад. С.В. Яковлевым, введение, главы 1, 4, 7, 8 и термины — д-ром техн. наук И.И.Павлиновой, главы 6, 9 — канд. техн. наук И.Г. Губием.

Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедр водоснабжения, водоотведения, охраны водных ресурсов Московского государственного строительного университета, проф. М.А. Сомову (зав. кафедрой водоснабжения) и проф. П.П. Пальгуну за ценные замечания, сделанные при рецензировании книги.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Вода является основой жизни на земле. Основа здоровья населения — это качество воды. Однако интенсивное воздействие человека на окружающую среду привело к загрязнению и истощению водных ресурсов.

Итоги десятилетия, прошедшего после Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), подвел Всемирный Саммит по проблемам устойчивого развития, проходивший в 2002 г. в Йоханнесбурге. В число приоритетных и актуальных вопросов были отнесены проблемы водных ресурсов и сохранения гидросферы.

Вопросами охраны водных бассейнов, их сохранения и восстановления занимается Международная водная ассоциация (International Water Association, IWA).

В СССР большое внимание уделялось мероприятиям, направленным на охрану водных ресурсов, их рациональному использованию. Была разработана законодательная база, организованы органы контроля.

Правительство Российской Федерации, депутаты Государственной Думы в условиях новых экономических отношений проводят большую работу по охране водных ресурсов. В стране имеется достаточно информации о состоянии водоснабжения и водоотведения городов и населенных пунктов. На основе этой информации в последние годы были разработаны документы и программы: «Вода России — XXI век», Федеральная Целевая Программа (ФЦП) «Возрождение Волги», ФЦП «О питьевой воде и питьевом водоснабжении», ФЦП «Экология и природные ресурсы», ФЦП «Жилище» и программы социально-экономического развития регионов РФ.

Сегодня по инициативе партии «Единая Россия» в нашей стране разработан общенациональный проект «Чистая вода», который координируется Советом Федерации и Государственной Думой. Этот проект должен перерасти в ФЦП «Чистая вода» и в дальнейшем в водную стратегию России.

Комплексное использование воды с учетом новых научно-практических возможностей рассматривается как часть глобальных экономических и социальных задач.

Сохранение водных источников при постоянно увеличивающемся потреблении и загрязнении их промышленными и бытовыми отходами является одной из актуальных проблем современности. Сегодня в мире используется 13% речного стока. В результате во многих регионах России наблюдается дефицит пресной воды, а в отдельных регионах из-за изношенных систем водоснабжения и водоотведения наблюдается дефицит качественной воды. По оценкам экспертов, качество питьевой воды почти повсюду неудовлетворительное. Анализ проб воды из водоемов, используемых для питьевого водоснабжения, показывает, что в среднем около 30% проб по санитарно-химическим и около 25% по микробиологическим показателям не соответствуют нормативам. В Архангельской, Нижегородской, Владимирской, Кемеровской и Ивановской областях от 50 до 80% водоемов не соответствуют санитарным нормам.

В настоящее время объемы строительства и реконструкции систем водоснабжения и водоотведения возрастают, для чего требуется подготовка инженеров-строителей, способных решать параллельно с задачами водоснабжения и водоотведения вопросы развития водохозяйственного комплекса и водоохранных мероприятий. Цель данного учебного пособия — научить будущих специалистов осуществлять выбор водопроводных и водоотводящих систем для населенных мест и промышленных предприятий с учетом санитарных, технических, экологических, социальных и экономических требований. Успешное решение этих задач возможно при условии знания закономерностей природных явлений и разумного их использования.

ГЛАВА 1

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Прогресс человечества, развитие культуры и сама жизнь взаимосвязаны с окружающей средой и прямо зависят от того, как она будет сохраняться и использоваться человеком. Великий русский ученый В.И. Вернадский писал: «Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов. Не только земная поверхность, но и глубокие — в масштабе биосферы — части планеты определяются в самых существенных своих проявлениях, ее существованием и ее свойствами».

Среди факторов, регулирующих и обеспечивающих наше существование, наиболее резкие нарушения испытывает вода, ее качественные показатели. Несмотря на кажущуюся беспредельность качества воды на нашей планете, процесс загрязнения водоемов протекает все более быстрыми темпами, увеличивая угрозу уничтожения всего живого.

Вода занимает 70 % поверхности земного шара. Она содержится в воздухе и в земле, образует океаны, моря, реки, озера. Без воды невозможно существование растений, животных, рыб и человека.

1.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ

Из общей площади поверхности Земли 510 млн км² занимает суша, что составляет 29,2 %. Остальная часть планеты — моря и океаны. Запас воды Мирового океана достигает 1370 млн км³. Пресные воды рек и озер занимают около 230 тыс км³, ледники — 24 млн км³. Плавление ледников могло бы повысить уровень Мирового океана на 0,64 м и привести к затоплению примерно 1 % суши.

Подземные воды (в толще до 5 км) составляют 60 млн км³, из них 4 млн км³ находятся в зоне активного водообмена. В поверхностных слоях содержится 85 тыс. км³ почвенной влаги.

Вода находится в постоянном движении — ее количество и качество меняются во времени и пространстве. Водные ресурсы характеризуются вековыми запасами и возобновляемыми ресурсами.

К вековым естественным запасам (м³, км³) пресных вод суши относят воды, одновременно находящиеся в озерах, реках, ледниках, а также в водоносных слоях горных пород (подземные воды).

К возобновляемым водным ресурсам (м³/с, м³/год, км³/год) относятся те воды, которые ежегодно возобновляются в процессе круговорота воды на Земле (рис. 1.1), водообмена между сушей

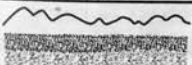
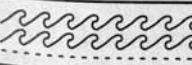
Поверхностные воды	Водные объекты	Объем воды, л	Доли от общего объема воды, %
	Пресноводные озера	$125 \cdot 10^{15}$	0,009
	Соленые озера и внутренние моря	$104 \cdot 10^{15}$	0,008
	Русла рек (среднее)	$1 \cdot 10^{15}$	0,0001
Подземные воды	Вадозные воды, включая почвенную влагу	$67 \cdot 10^{15}$	0,005
	Подземные воды на глубине до полумили	$4,170 \cdot 10^{15}$	0,31
	Глубоко залегающие подземные воды	$4,170 \cdot 10^{15}$	0,31
Другие водные объекты	Ледяные шапки и ледники	$29000 \cdot 10^{15}$	2,15
	Атмосфера	$13 \cdot 10^{15}$	0,001
	Мировой океан	$1320000 \cdot 10^{15}$	97,2

Рис. 1.1. Распределение запасов воды в гидросфере

и океаном. Наша планета является праобразом гигантской паровой машины, двигателем которой служит солнечная энергия. Испаряющиеся под действием солнечной энергии с поверхности Мирового океана воды поступают в атмосферу и возвращаются в виде атмосферных осадков. Часть испаряющейся воды воздушными течениями переносится на сушу и, выпадая в виде осадков, является основным источником формирования вод суши — рек, озер, подземных вод, ледников. Часть атмосферных осадков, выпадающих на суше, которая не успевает испариться или просочиться вглубь, вновь возвращается в океан через реки.

Океан служит гигантским естественным испарителем и поставщиком пресной воды на сушу. Принимая речной сток, океан возобновляется количественно и восстанавливается качественно.

При наличии гидрологических станций и постов для измерения расходов воды подсчитывается речной сток и определяются величины возобновляемых водных ресурсов.

Оценка водных ресурсов по среднему годовому стоку получила широкое распространение при прогнозировании использования воды и оценке водообеспеченности. Между тем сток истощается в результате забора воды из реки или озера для хозяйственных нужд. При этом значительная доля воды теряется безвозвратно в процессе хозяйственного использования, особенно на нужды орошаемого земледелия.

При водохозяйственном прогнозировании следует учитывать, что озерные, речные, ледниковые, подземные воды в процессе круговорота воды в природе связаны между собой и переходят один в другой. Основным и единственным для всех видов вод исходным звеном круговорота воды в природе являются атмосферные осадки, питающие озера, реки, ледники и подземные воды. Вместе с этим реки питают озера, а подземные воды — реки.

Природные воды непрерывно расходуются и возобновляются. Речные воды, имея сравнительно небольшой объем, возобновляются примерно каждые 16 сут (более 20 раз в год). Подземные воды возобновляются в течение примерно 1400 лет, а горные ледники — в течение 1600 лет.

Процесс круговорота воды в природе характеризуется уравнением водного баланса:

$$I_o + I_c = O_o + O_c, \quad (1.1)$$

где I_o , I_c — испарение с поверхности океана и суши, $I_o + I_c = 452\,600 + 72\,500 = 525\,100 \text{ км}^3$; $O_o + O_c$ — осадки на поверхности океана и суши, $O_o + O_c = 411\,600 + 113\,500 = 525\,100 \text{ км}^3$.

Пример распределения осадков показан на рис. 1.2. 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 и в атмосфере.

Сток рек и подземных вод на земном шаре составляет $41\,000 \text{ км}^3$, или 8 % общего объема, совершающего круговорот на Земле. Сток составляет 36,4 % от размера выпадающих осадков на поверхности суши. Отношение величины (объема или слоя) стока к количеству выпавших на площадь водосбора осадков, обусловивших возникновение стока, называется *коэффициентом стока*.

Обеспеченность речной воды для континентов земного шара следующая, тыс. $\text{м}^3/\text{чел. год}$: Австралия — 12,9; Азия — 7,94; Европа — 5,18; Африка — 13,67; Северная Америка — 26,17; Южная Америка — 74,68.

Водный баланс в пределах речного бассейна составляет:

$$O = C_{\text{пов}} + C_{\text{под}} + I + T, \quad (1.2)$$

где O — осадки на поверхности; $C_{\text{пов}}$ — поверхностный сток, поступающий в реки; $C_{\text{под}}$ — подземный сток, подпитывающий реки; I — испарение с поверхности материка, включая внутрен-

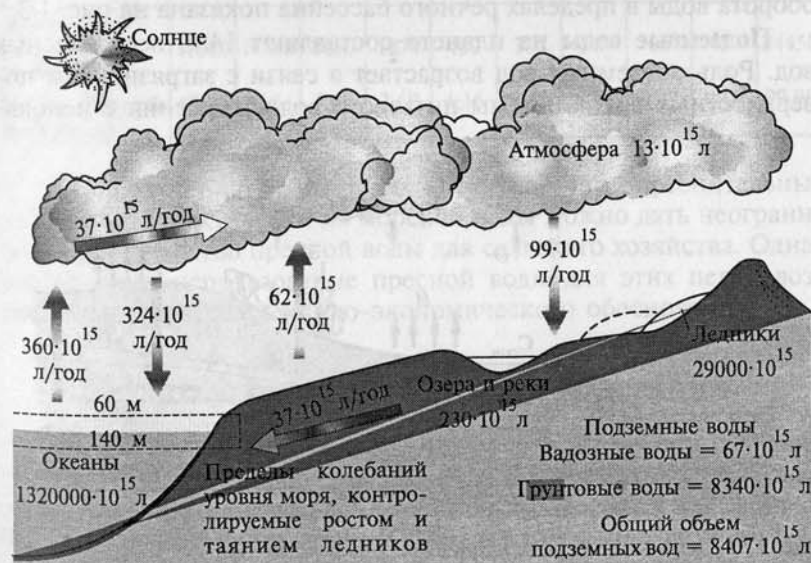


Рис. 1.2. Гидросфера и гидрологический цикл

ние водоемы и водотоки; T — транспирация влаги растительностью.

Для отдельного бассейна уравнение (1.2) может быть записано в другой форме:

$$O = C_{\text{пов}} + C_{\text{п.под}} + I + T, \quad (1.3)$$

где $C_{\text{п.под}}$ — полный подземный сток, складывающийся из подземных вод за счет инфильтрации в пределах водосбора, притока подземных вод извне, подпитывания из нижерасположенных напорных горизонтов подземных вод, подпитывания за счет конденсации водяных паров в почве.

Речной сток изменяется во времени, однако потребности в воде редко совпадают с циклом стока. Для того чтобы излишки стока, возникшие в полноводные сезоны, могли служить запасом в засушливые сезоны, необходимо строить плотины, водохранилища и распределительные системы. В результате создаются большие открытые резервуары и озера, из-за чего неизбежно растут потери от испарения.

В зависимости от природных условий отдельные составляющие полного подземного стока (например, капиллярная влага, конденсация водяных паров) могут отсутствовать. Схема влагооборота воды в пределах речного бассейна показана на рис. 1.3.

Подземные воды на планете составляют 14 % всех пресных вод. Роль подземных вод возрастает в связи с загрязнением поверхностных вод. Системы питьевого водоснабжения с исполь-

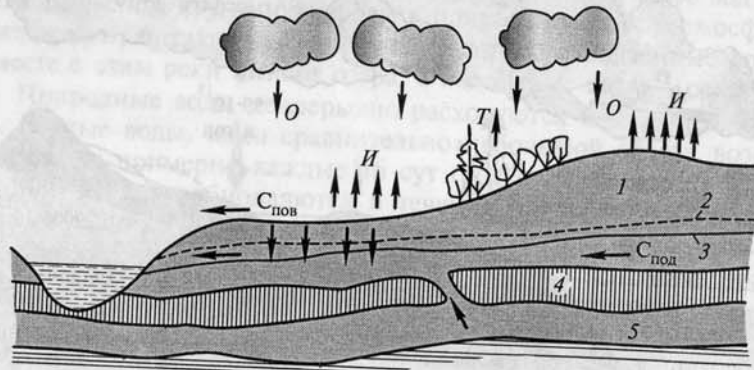


Рис. 1.3. Схема влагооборота в пределах речного бассейна:
1 — зона парообразной и пленочной воды; 2 — граница капиллярной каймы; 3 — депрессионная поверхность; 4 — водонепроницаемый слой; 5 — область напорных подземных вод

зованием подземных вод развиваются в странах Европы до 90, США — 50, РФ — до 40 %.

С каждым годом на Земле растет водопотребление, но, поскольку запасы воды ограничены и неравномерно расположены на земной поверхности, в перспективе пополнить дефицит воды возможно из морей и океанов.

Мировой океан — неисчерпаемый водный резервуар. Однако содержащиеся в морской воде соли мешают ее использованию в сельском хозяйстве, промышленности и быту для питьевых нужд без предварительного опреснения. Морская вода представляет собой смесь раствора солей с незначительным количеством растворенных газов и органических соединений. Соли и другие растворенные в воде вещества находятся преимущественно в виде ионов, а иногда — молекул. В океанической воде встречаются почти все химические элементы и их изотопы, но основную массу составляют девять главных ионов.

Соленость океана меняется как по глубине, так и по акватории. В Северном Ледовитом океане она ниже 31 %, в Красном море достигает 42 %. Однако соотношение главных ионов постоянно и независимо от величины солености, места и глубины.

Ионы	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	HCO_3^- CO_3^{2-}	Br^-	H_3BO_3^-	Сумма
Количество загрязнений, мг/кг воды	18980	10560	2650	1270	400	380	140	65	5	34450
То же, % от общей массы	55,04	30,61	7,68	3,69	1,16	1,10	0,41	0,19	0,07	99,95

Для получения пресной воды используют опреснительные установки. Практически из морской воды можно дать неограниченное количество пресной воды для сельского хозяйства. Однако широкое использование пресной воды для этих целей возможно лишь после технико-экономического обоснования.

1.2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Россия — одна из наиболее обеспеченных ресурсами пресных вод страна мира. Суммарные естественные ресурсы пресных вод РФ достигают 7770,6 км³/год, из которых 55 % приходится на долю речного стока. Объем среднего многолетнего речного стока, поступающего на территорию России транзитом из сопредельных государств, составляет 4270,6 км³/год (табл. 1.1).

Статистические (вековые) запасы, большая часть которых сосредоточена в озерах и подземных водных объектах, составляют около 90 тыс. км³ (см. табл. 1.1).

Таблица 1.1. Естественные и статистические запасы водных ресурсов РФ

Водоисточник	Естественные ресурсы, км ³ /год	Статистические (вековые) запасы, км ³
Реки	4270,6	470
Озера	530	26 500
Ледники	110	15 148
Подземные воды	—	15 800
Болота	1000	3000
Грунтовые (почвенные) воды	3500	—
Подземные воды	787,5	28 000
Всего	7770,6	88 918

По территории России протекает около 3 млн рек, в абсолютном большинстве своем (94,9 %) малых, длиной до 25 км. Количество средних рек длиной от 101 до 500 км составляет 2833, больших — 214. Суммарный сток бассейнов Северного Ледовитого и Тихого океанов оценивается в 80 % от общего, в Азово-Черноморском и Каспийском бассейнах, где проживает свыше 65 % населения России, формируется около 7,5 % стока.

Пять крупнейших рек России — Енисей, Обь, Амур, Лена, Волга имеют водосборные площади, превышающие 1000 тыс. км², и входят в первую двадцатку крупнейших рек мира.

Реки обеспечивают водой хозяйственную деятельность человека, его повседневный быт. Играют важную роль в жизни общества и поэтому переходят из природной категории в категорию природно-техническую. Жизнь рек связана с человеческим обществом и с социальными преобразованиями. Современные водохозяйственные системы становятся в известном смысле и категорией социально-экономической.

Самая многоводная и протяженная река России — Енисей длиной около 6000 км (с рекой Селенгой); ее среднегодовой расход воды около 20 тыс. м³/с и среднегогодовой сток 630 км³.

Речные воды обычно пресные, средняя минерализация их равна 90 мг/л. Бывают реки с солоноватой и соленой водой. Подобные аномалии связаны с питанием этих рек солеными подземными водами или солевыми залежами в их руслах. Состав растворенных веществ в реках обычно связан с особенностями геологического строения, типами почв и растительности, климатом территорий, по которым они протекают, иначе говоря, с

ландшафтами, и меняются с их изменением, т. е. в целом подчиняются законам геофизической зональности. Минерализация речных вод в среднем почти в 200 раз меньше, чем у морской воды.

Ионы	НСО ₃ ⁻ СО ₃ ²⁻	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺ K ⁺	Mg ²⁺	Сумма
Количество загрязнений, мг/кг воды	47,5	13,3	11,9	6,4	6,1	3,3	88,5

Изменения величины стока и состава веществ в реках обусловлены физико-географическими особенностями водосборных бассейнов и климата. В районах с устойчивым снежным покровом на реках весной возникают половодья, вызванные снеготаянием. На реках вне этой зоны паводки обусловлены дождями и ливнями. Существует промежуточный тип рек, где бывают те и другие паводки. Однако на небольших реках в зоне устойчивого снежного покрова часты паводки при выпадении ливневых дождей, которые зачастую бывают не меньше весеннего половодья.

На реках, получающих питание от ледников, основная часть стока рек приходится на весенне-летний период: чем жарче лето, тем больше воды в реке.

Деление рек на малые, средние и большие условно. Длина реки — легко измеряемая ее характеристика, но представление о ресурсах реки дает площадь бассейна, с которого она собирает свои воды, а также данные о расходах воды в различные промежутки времени года. Расход воды в реке зависит от площади водосбора. В табл. 1.2 приведены основные характеристики рек РФ.

Таблица 1.2. Основные характеристики рек РФ

Река	Средне-много- летний сток, км ³	Средне-многолет- ний расход в устье, м ³ /с	Площадь во- досбора, тыс. км ²	Куда впадает
Енисей	624	19 800	2580	Карское море
Лена	536	17 000	2490	Море Лаптевых
Обь	400	12 700	2990	Обская губа
Амур	343	10 900	1855	Амурский лиман
Волга	243	7710	1360	Каспийское море
Печора	126	4000	322	Печорская губа
Северная Двина	110	3491	367	Двинская губа
Нева	79,7	2530	281	Финский залив
Дон	29,5	935	422	Азовское море
Кубань	13,4	425	58	Азовское море

Речной сток обусловлен количеством осадков, выпавших в бассейне реки, и испарениями влаги в этом районе. Среднегодовое количество осадков зависит от географического расположения района, его расстояния от океана, особенностей рельефа местности и отчасти от характера растительности.

Среднегодовое количество выпавших осадков в стране колеблется, в засушливые и особенно обильные осадками годы отклонения от средних значений достигают 30...40 %.

Испарение влаги также зависит от географического положения района, влажности воздуха и количества солнечной энергии, достигающей земной поверхности. На процессы испарения влияют сила и продолжительность ветров, испарение с поверхности суши, влажность почвы и характер растительного покрова. Испарения с суши в южных районах составляют 450...500 мм/год, на севере — 50 мм/год.

Особую роль в круговороте природы играет **транспирация** (испарение влаги растениями): для трав она составляет 400...450 мм, для зерновых культур — около 350 мм и для лесов — 250...325 мм. Совокупность транспирации влаги растениями в атмосферу, ее испарения с поверхности крон и из почвы называют **эвапотранспирацией**.

Средний сток в горных районах Российской Федерации достигает 2500...3000 мм/год, на северо-западе европейской части страны — 300...400, в центральных районах — 10...200, в степной и полупустынной зонах — 5...15.

В последние десятилетия на величину речного стока все больше влияет деятельность человека: использование воды, строительство плотин, создание водохранилищ, устройство водозаборных сооружений, строительство мелиоративных систем, использование территорий под городскую и промышленную застройки. С ростом населения и развитием экономики нашей страны возрастает и антропогенное воздействие на гидрологический режим рек.

Характеристика водных ресурсов РФ и стран СНГ по распределению внутригодового режима приведены в таблице 1.3, а водный режим рек РФ — в табл. 1.4.

Таблица 1.3. Сезонное распределение речного стока в РФ и странах СНГ

Район	Сезонный сток, % от годового стока		
	Весна	Лето — осень	Зима
Южная часть Заволжья, Южное Приуралье	90...95	4...8	1...2
Восточная Сибирь	70...80	15...25	5
Север европейской части РФ	50...65	25...35	10...20
Запад и юго-запад европейской части РФ	30...50	30...35	20...35

Район	Сезонный сток, % от годового стока		
	Весна	Лето — осень	Зима
Западная Сибирь	45...50	35...55	10
Крайний Север и северо-восток Сибири	40...50	45...55	5
Дальний Восток, Камчатка, Забайкалье, Яно-Индигирский район	30...40	55...65	5

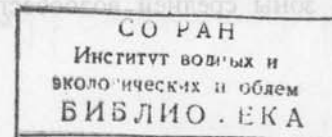
Таблица 1.4. Водный режим рек России

Тип рек	Характеристика водного режима
Восточно-европейский	Высокое весеннее половодье, низкий зимний и летний сток, повышенный осенний сток
Западно-сибирский	Высокое растянутое половодье весной, повышенный летне-осенний сток, низкая зимняя межень
Восточно-сибирский	Высокое весеннее половодье, летне-весенние паводки, низкий сток вплоть до полного промерзания зимой
Алтайский	Невысокое растянутое половодье, повышенный летне-осенний и низкий зимний стоки
Тянь-шаньский	Летнее половодье, формируемое тающими высокогорными снегами и ледниками
Дальневосточный	Невысокое растянутое половодье, очень низкий сток, вплоть до перемерзания в зимний сезон
Причерноморский	Паводковый режим в течение всего года
Северокавказский	Устойчивая межень в холодную часть года, частые паводки в летнее время

Малые реки составляют подавляющее большинство водотоков страны. К этой категории можно отнести все несудоходные реки. Малые реки легко заиливаются и загрязняются стоками промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий. Между тем их хозяйственная, климатическая, рекреационная роль очень велика. Малые реки снабжают водой города и села, используются для орошения, в их поймах расположены миллионы гектаров пастбищ и сенокосов. На малых реках создают рыбноводные пруды и водохранилища, их берега используют как зоны отдыха. Малые реки улучшают климат и украшают ландшафт.

Ценной составляющей стока является его подземная часть. Реки с устойчивым подземным питанием наилучшим образом обеспечивают потребности различных отраслей народного хозяйства в воде без проведения каких-либо специальных мероприятий. Питание подземными водами происходит зачастую из бассейна, контуры которого не совпадают с границами поверхностного водосбора.

09-75-1



Увлажнение территории рассчитывается по следующей формуле:

$$U = C_{\text{п.под}} + I, \quad (1.4)$$

где $C_{\text{п.под}}$ — полный подземный сток; I — испарение.

Коэффициент питания реки подземными водами находится из формулы:

$$k_{\text{п}} = C_{\text{п.под}}/U. \quad (1.5)$$

Величина коэффициента $k_{\text{п}}$ обусловлена географическими особенностями. Для тундры он равен 0,30...0,38; тайги — 0,11...0,29; зоны смешанных лесов — 0,11...0,13; лесостепной зоны — 0,03...0,04; полупустынных районов — 0,005. Среднее значение коэффициента питания рек подземными водами составляет 0,135.

На территории РФ осадки выпадают неравномерно. Наибольшее количество осадков наблюдается в европейской части страны — 700...800 мм/год, наименьшее количество — на крайнем юго-востоке европейской части — 200...250 мм/год. В Западной Сибири годовое количество осадков составляет 300...600 мм, в Восточной Сибири — 300...400 мм, на Дальнем Востоке — 500...1000 мм. Эксплуатационные запасы подземных вод, по предварительным данным, составляют 175...180 км³/год. В среднем с 1 км² территории РФ сток равен 235 мм.

На территории нашей страны преобладает континентальный климат со значительной межгодовой и межсезонной изменчивостью годового (и сезонного) количества атмосферных осадков. В европейской части страны или Западно-Сибирской равнине осадки в особо увлажненные годы могут на 20...30 % (реже — на 40...50 %) превышать средние значения, а в маловодные годы осадков может быть на 20...30 % меньше нормы. Из среднего многолетнего стока всех рек РФ — 4262 км³/год — 194 км³ (4,6 %) дает приток из сопредельных территорий.

Реки РФ распределяются между бассейнами трех океанов и одним бессточным бассейном. На бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов приходится 89 % объема речного стока; на бассейн Атлантического океана и бессточной Каспийской впадины — 11 %.

По степени естественной обеспеченности речным стоком территория РФ делится на три зоны: зона высокой водообеспеченности (северные, северо-восточные и восточные районы страны); зоны средней водообеспеченности (территории вдали от

крупных водных артерий) — центральный район европейской части РФ и промышленный Урал; зоны низкой водообеспеченности — часть Зауралья и юга Западной Сибири; юго-восточные и некоторые южные районы европейской части РФ, такие, как Южное Поволжье, Заволжье.

Сток рек является основным источником систем водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий. Подземные воды используются в основном для питьевого водоснабжения населения. Неравномерность распределения водных ресурсов неблагоприятно отражается на развитии сельского хозяйства. В южных районах страны с благоприятным для сельского хозяйства климатом, имеющих развитую промышленность и высокую плотность населения, отмечается дефицит воды.

В жизни сообществ все более важную роль играет комплексное использование водных ресурсов, необходимость осуществлять наряду с эксплуатацией природных ресурсов их охрану. Решение этой проблемы зависит от социального строя и уровня экономического развития страны. Одной из характерных черт этой важной проблемы является необходимость прогнозирования неблагоприятных, нередко необратимых процессов и их последствий.

Рассматривая перспективу водоиспользования водоемов и водотоков, исходят из следующих важных предпосылок:

- водная среда является местом зарождения жизни на Земле;
- водные массы служат средой обитания многих звеньев глобальной трофической цепи;
- водные массы — это арена хозяйственной деятельности с первых шагов биологической и социальной жизни человека;
- вода определяет условия существования и развития жизни во всех ее формах;
- водные массы формируют погоду и климат.

Всякое использование воды затрагивает в той или иной мере и другие компоненты природной среды. Невозможно охранять воду, водные источники в отрыве от охраны земли, леса, атмосферы. В противном случае они являются постоянным источником повторного загрязнения вод, и главная цель — сохранение биосферы в интересах современного и будущих поколений — не будет достигнута.

Дополнительным источником водных пресных ресурсов служат:

- минерализованные подземные воды;
- прибрежные морские воды;
- термальные подземные воды;

— вторичные пресные воды после очистки в водооборотных системах, теплоцентралях и на атомных электростанциях;

— некоторые виды сточных вод (в сельском хозяйстве на полях орошения, в промышленном водоснабжении);

— атмосферные осадки и лед (преимущественно покровный, а также и в ледниках).

В будущем одним из важных источников обеспечения пресной водой ряда регионов суши станут соленые океанские воды, а также запасы льда.

Классификация водных ресурсов: по объему, происхождению и местонахождению их принято разделять на местные, региональные и глобальные, а по принадлежности — на национальные, межгосударственные и всеобщие.

Местными поверхностными водными ресурсами принято считать воду, формирующуюся непосредственно в данной местности, например малые реки и малые озера какой-либо административной области, группы областей, экономического района.

К региональным поверхностным водным ресурсам в первую очередь относят транзитные воды крупных и средних рек, обслуживающих не только данную местность, но и территории, находящиеся выше и ниже по течению реки. Например, воды Волги, Оки, Камы, Дона, Днепра, Западной Двины, Невы, Северной Двины и многих других рек.

Водные ресурсы используют в народнохозяйственной деятельности в следующих направлениях: водоснабжение (коммунальное, промышленное); орошение сельскохозяйственных угодий и обводнение земель, тепло- и гидроэнергетика; водный транспорт, рыбоводство; использование водоемов, водотоков и прибрежных территорий для рекреационных целей (для отдыха и занятий спортом населения). Кроме того, водотоки и водоемы используют в качестве приемников избыточной воды с поливных и осушаемых земель, предварительно очищенных промышленных и хозяйственно-бытовых стоков, а также для осуществления процессов самоочистки в водоемах.

Территорию для строительства новых и реконструкции существующих городов и других населенных мест выбирают с учетом экологической характеристики водных ресурсов.

Экологическая характеристика представляет собой сопротивление антропогенной нагрузке (плотности населения, уровня развития промышленного и сельскохозяйственного производства, степени токсичности промышленных стоков и др.) с мощностью водных ресурсов.

Существуют нормативы, позволяющие выявить демографическую емкость района в зависимости от экологической характеристики водных ресурсов.

Демографическая емкость территории по экологической характеристике поверхностных вод E_1 рассчитывается следующим образом:

$$E_1 = \Sigma Qk/B, \quad (1.6)$$

где ΣQ — сумма расходов воды в водотоках на входе в территорию, $\text{м}^3/\text{сут}$; k — коэффициент, учитывающий степень загрязнения водотока сточными водами, $k = 0,1 \dots 0,25$; B — нормативная водообеспеченность, $B = 1 \dots 2 \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{чел.})$.

Демографическая емкость территории по экологической характеристике подземных вод E_2 равна

$$E_2 = \Sigma \Delta A/B_0, \quad (1.7)$$

где $\Sigma \Delta$ — эксплуатационный модуль стока, $\text{м}^3/(\text{сут} \cdot \text{га})$; A — площадь территории, га; B_0 — нормативная обеспеченность, $B_0 = 0,04 \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{чел.})$.

Демографическая емкость территории по условиям рекреации на воде E_3 находим из

$$E_3 = 4L\alpha/\chi, \quad (1.8)$$

где L — длина водотока, пригодного для купания, км; α — коэффициент организации пляжей ($\alpha = 0,5$ — в районе лесной зоны, $\alpha = 0,3$ — в степной зоне); χ — коэффициент распределения отдыхающих в лесу и у воды, $\chi = 0,15$ — в районах с умеренным климатом, $\chi = 0,4$ — в районах с жарким климатом.

Определенную трудность при комплексном использовании водных ресурсов представляет ведомственный подход к распределению воды между участниками. Особенно резко это проявляется при наличии противоречий в требованиях к режиму расходов и уровней воды.

В РФ находится крупнейшее соленое озеро мира — Каспийское море. На территории России насчитывается более 2,7 млн озер суммарной площадью зеркала свыше 400 тыс. км^2 , 19 из них имеют площадь зеркала, превышающую 1000 км^2 . Суммарный среднегодовое количество воды в пресных озерах Российской Федерации составляет 26,5 тыс. км^3 . В жемчужине России — озере Байкал — сосредоточено 1/5 мировых запасов пре-

сной воды. Значительные запасы пресной воды содержатся в озерах. В табл. 1.5 представлена характеристика озер России, в табл. 1.6 — крупнейших озер РФ.

Таблица 1.5. Краткая характеристика озер России*

Озеро	Площадь зеркала, тыс. км ²	Высота над ур. м., м	Наибольшая глубина, м	Объем воды, км ³
Байкал	31,5	455	1741	23 000
Ладжское	17,7	5	225	908
Онежское	9,7	33	100	285
Таймыр	4,6	6	26	13
Ханка	3,9—5	68	11	16,5
Чудовское и Псковское	3,6	30	15	25,2
Белое	1,3	113	20	5,2

Таблица 1.6. Краткая характеристика крупнейших озер РФ*

Название озера (моря)	Площадь, тыс. км ²		Объем воды, км ³	Максимальная глубина, м	Высота над ур. м., м	Река, вытекающая из озера
	зеркала	водосбора				
Каспийское	395,0	—	76 000,0	980	—28	Бессточное
Байкал	31,5	571,0	23 000,0	1741	455	Ангара
Ладжское	17,7	276,0	908,0	230	4	Нева
Онежское	9,72	62,8	295,0	127	33	Свирь

* Материалы Конгресса работников водного хозяйства 2003 г. Москва.

Озера являются естественными регуляторами речного стока, а поэтому представляют большую ценность для водоснабжения и рыболовства. В нашей стране возведены искусственные водоемы (водохранилища) для регулирования речного стока и улучшения условий судоходства и лесосплава. В РФ эксплуатируются порядка 300 водохранилищ объемом более 10 млн м³ и около 1600 водохранилищ объемом от 1 до 10 млн м³. Суммарный полезный объем крупных водохранилищ составляет 364 км³ (табл. 1.7).

Болота также оказывают серьезное влияние на водообеспеченность отдельных районов страны. Это естественные резервуары, регулирующие речной сток и обладающие уникальным биоценозом.

Таблица 1.7. Характеристика крупнейших водохранилищ РФ

Водохранилище	Река	Объем, км ³		Площадь водного зеркала, км ²	Использование**
		полный	полезный		
Братское	Ангара	169,3	48,2	5470	ЭСЛРВО
Красноярское	Енисей	73,3	30,4	2000	ЭСЛВНРО

Водохранилище	Река	Объем, км ³		Площадь водного зеркала, км ²	Использование**
		полный	полезный		
Куйбышевское	Волга	58,0	34,6	6488	ЭСИВРНО
Иркутское	Ангара	47,65	46,45	32 966	ЭСЛРНО
Вилуйское	Вилуй	35,88	17,83	2170	ЭВС
Волгоградское	Волга	31,45	8,25	3117	ЭСИВРО
Рыбинское	Волга	25,42	16,6	4550	ЭСВРЛО
Цимлянское	Дон	23,68	11,54	2702	ИСЭРВО

* С учетом озер, находящихся в подпоре.

** Обозначение видов использования: Э — энергетика; И — ирригация; С — судоходство; Л — лесосплав; В — коммунальное и промышленное водоснабжение; Р — рыбное хозяйство; О — рекреация; Н — борьба с наводнением.

1.3. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

В обжитых районах РФ, где проживает большая часть населения и сконцентрированы основная промышленность и сельскохозяйственное производство, речной сток составляет порядка 20 %. Это обстоятельство предопределяет водохозяйственную политику по водообеспечению народного хозяйства. Важная роль при этом отводится внедрению прогрессивных технологий рационального водопользования, регулированию стока рек, интенсификации использования подземных вод с последующим восполнением их запасов.

В нашей стране существует единая водохозяйственная система, требующая больших финансовых, материальных и трудовых затрат.

До недавнего времени воду воспринимали как бесплатный и неистощимый дар природы. В наши дни во многих регионах страны пресной воды уже не хватает, а потребности в ней растут.

Различают два вида использования водных ресурсов: водопользование и водопотребление.

Водопользование делится на общее и специальное. Понятия общего и специального водопотребления приведены в гл. 9.5.

При водопользовании вода не изымается из водоема (рек, озер и др.) и не расходуется, а лишь используется для выполнения определенных функций. Водопользователями являются гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, лесосплав и т.п.

При водопотреблении вода забирается из водных объектов, причем часть ее теряется безвозвратно (например, испаряется), часть расходуется промышленностью и сельским хозяйством на производство продукции и др. Кроме того, при водопотреблении резко ухудшается в результате засорения и загрязнения качество той части воды, которая возвращается в реки и озера.

В современных условиях строгую границу между водопользованием и водопотреблением провести трудно. Поэтому при комплексном использовании водных ресурсов эти разновидности объединяют под общим термином — водопользование. Качество используемой воды и потребность в ней зависят от вида водопользования. Наиболее стабильными водопользователями являются населенные пункты, которые используют воду наивысшего качества (из подземных источников или незагрязненных водоемов и водотоков). Постоянного во времени потребления воды требуют тепловые и атомные электростанции, а также промышленные предприятия с непрерывным циклом работы. Для орошения необходимы большие объемы воды лишь в течение вегетационного периода и при промывных поливах; для водного транспорта и лесосплава — в период навигации; для рыбного хозяйства — во время нереста рыб, причем очень чистая вода, в то время как для гидроэнергетики, судоходства и лесосплава качество воды практически не имеет значения. Таким образом, требования различных отраслей народного хозяйства к качеству, количеству и срокам подачи воды весьма разнообразны и нередко противоречивы, что существенно усложняет прогнозирование и распределение воды между различными водопользователями.

Для нужд населения и народного хозяйства в РФ ежегодно забирается из природных водных объектов около 90 км^3 свежей воды, в том числе около 10 км^3 из подземных горизонтов. Около одной пятой этого объема потребляется безвозвратно или теряется при транспортировании в процессе использования. Сточные воды несут в себе отходы производства (сотни разновидностей органических и неорганических веществ в растворенном или взвешенном состоянии). Концентрации этих веществ зачастую превышают предельно допустимые концентрации (ПДК), и такие стоки перед сбросом в водоем разбавляют свежей водой до получения требуемых ПДК.

Для решения этой проблемы внедряются:

- Водосберегающие технологические процессы, в основу которых положены принципы использования технологических аппаратов, требующих небольшого количества воды;

- Новые эффективные методы очистки сточных вод;

- Замкнутые системы водного хозяйства с оборудованием для утилизации отходов и ценных компонентов.

Крупнейшим потребителем воды является орошаемое земледелие, которое создает гарантированный продовольственный фонд. На орошаемых угодьях возделываются рис, значительная часть овощей и фрукты. Всего на орошение сельскохозяйственных угодий расходуется около 10 % воды в год.

При решении задач комплексного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве существует проблема, связанная с сокращением непроизводительных потерь воды (40 % объема теряется при фильтрации, испарении и сбросе). Важную роль в решении задач экономии водных ресурсов должно сыграть внедрение новых методов полива. При поверхностном поливе непроизводительные потери воды достигают 45 %, в то время как использование дождевальных машин с закрытой поливной сетью дает возможность уменьшить их до 10 %; повышение агротехнической культуры и совершенствование сельскохозяйственного производства наблюдаются при рациональном внесении удобрений и химикатов.

В настоящее время наметилась тенденция к снижению водопотребления. Однако в районах с дефицитом водных ресурсов требуется использовать резерв воды за счет внедрения водосберегающих технологий, создания водопроводов с технической водой, нормирования лимитов водопотребления, охраны вод от загрязнения, использования минерализованных вод, рационального использования запасов подземных вод. Эти пути решения покрытия дефицита воды в ряде случаев являются более экономически и экологически приемлемыми, чем территориальное перераспределение водных ресурсов.

Для комплексного использования и охраны водных ресурсов в стране применяют системный подход к управлению процессами использования бассейнов рек. Для этого существует оперативный учет на базе современной технологии автоматического сбора информации, включая использование геостационарных искусственных спутников Земли.

Задачи обеспечения крупных территорий местными водными ресурсами рассматриваются комплексно при совместном регулировании поверхностных и подземных вод с учетом их охраны от загрязнения и истощения.

К нетрадиционным методам увеличения располагаемых водных ресурсов относятся:

- стимулирование атмосферных осадков;
- использование минерализованной воды для орошения, соленой воды для различных целей в промышленности вместо пресной воды, опресненного льда, образовавшегося в соленом водоеме;
- регулирование таяния ледников;
- уменьшение испарения воды, в частности, изменение состава растительного покрова на водосборной площади и другие известные методы, позволяющие значительно сократить дефицит водных ресурсов.

Развитие экономического потенциала многих регионов страны связано с интенсивным использованием малых рек, являющихся основным, а порой и единственным источником местного водоснабжения. Интенсивная хозяйственная деятельность на водосборе нарушает условия формирования стока и гидрохимический режим малых рек. Если около половины суммарного объема речного стока страны, а в отдельных экономических регионах — до 90...95 % формируется в бассейнах малых рек, то становится очевидна роль малых рек в водоснабжении народного хозяйства и формировании водных экологических систем больших рек. В связи с этим остро стоит проблема социально-экологического развития водохозяйственных систем на малых речных бассейнах.

1.4. ЭКОЛОГИЯ ПРЕСНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Вода в открытых водоемах представляет собой естественную среду обитания разнообразных организмов (гидробионтов) растительного и животного происхождения. Гидробионты образуют биоценозы, состав которых обусловлен физическими, химическими и биологическими факторами.

Поверхностные воды подразделяют на текущие (реки) и стоячие (озера, водохранилища и т.п.). Перемещение и перемешивание воды в озерах определяется главным образом действием ветра. В водохранилищах различают зоны с гидрологическим режимом, близким к речному (верховье) и озерному (вблизи плотины).

Скорость движения воды водоема и отдельных его участков существенно влияет на температурный режим. В быстротекущих реках температура различных слоев воды более или менее оди-

накова. При замедленном течении вода хорошо прогревается на отмелях, но имеет более низкую температуру на глубине. Температура воды в реках быстро меняется со сменой сезонов года.

В озерах сезонные колебания температуры испытывают верхние слои воды. Весной, прогреваясь до температуры 4 °С, при которой плотность воды максимальна, верхние слои опускаются на дно, вытесняя более теплую воду к поверхности. Повышение температуры верхних слоев приводит к уменьшению ее плотности. Таким образом, возникает температурное расслоение воды по глубине, называемое *стратификацией*. В зимнее время наблюдается *обратная стратификация*.

Вода обогащается кислородом в результате фотосинтеза и атмосферной реаэрации. Кислородный режим в водоеме характеризует много факторов, определяющих скорости его растворения и потребления. Верхние слои воды более насыщены кислородом, поскольку именно здесь происходит фотосинтез и атмосферная реаэрация.

Воды открытых водоемов разнообразны по химическому составу и микронаселению. Микронаселение водоемов складывается из собственного (автохтонного) населения и микроорганизмов, поступающих в водоем с загрязнениями и приспособившихся к существованию в данном водоеме (аллохтонное население).

В сложных биологических сообществах, формирующихся в водоеме, различают два основных биоценоза: планктон и бентос.

Планктон — это совокупность организмов, населяющих толщу воды. Он представлен растительными (фитопланктон) и животными (зоопланктон) формами. Фитопланктон представлен в основном водорослями, массовое развитие которых начинается весной. Затем появляются зеленые водоросли, на смену которым приходят цианобактерии. Развитие их связано с температурой воды и изменением содержания в ней некоторых элементов. Размеры планктонных организмов различны: ультрапланктон (бактерии), нанопланктон (мельчайшие водоросли и простейшие) и микропланктон (большинство водорослей, инфузории, коловратки, низшие ракообразные).

Бентос — это совокупность организмов, обитающих на дне, толще донных отложений или образующих обрастания на камнях, растениях, сваях и т. д. Различают *макробентос* (организмы размером более 1 мм) и *микробентос* (организмы размером менее 1 мм). Бактериобентос представлен аэробными и анаэробными сапрофитами. Фитобентос обитает только в водоемах с прозрачной водой.

Составной частью экологической системы водоема являются *высшие водные растения (макрофиты)*. К ним относятся рдесты, роголистник, элодея, из растений с плавающими листьями — горец земноводный и ряска, из надводных — тростник, рогоз, камыш. В зарослях высших растений чрезвычайно разнообразна фауна, представленная многочисленными видами как микрофлоры, так и более крупных организмов.

Особое значение имеет загрязнение водоема *патогенными микроорганизмами и яйцами гельминтов*, представляющими опасность инфекций через воду. Вместе со взвесью патогенные организмы и особенно яйца гельминтов могут частично оседать на дно. Взмучивание отложений вновь приводит к попаданию их в водную среду. Способность водоема противостоять этому нарушению, освобождаться от вносимых загрязнений и восстанавливать свои природные свойства составляют сущность самоочищения.

Самоочищение — это сложный комплекс взаимосвязанных химических, физико-химических и биохимических процессов. Смешение сточных вод с водой водоема, приводящее к разбавлению стока, способствует процессам самоочищения.

Наряду с этим в водоеме протекают **химические реакции гидролиза, нейтрализации, окисления**. Например, гидролиз солей железа и алюминия приводит к образованию гидроксидов этих металлов, способных к осаждению. Нейтрализующая способность воды водоема используется при устранении загрязнений веществами кислого или щелочного характера. Щелочные соединения природной воды — бикарбонаты и карбонаты — участвуют в нейтрализации кислот, тогда как нейтрализация щелочных компонентов стока происходит в результате взаимодействия их с растворенной в воде угольной кислотой.

Реакции химического окисления многообразны, и большинство из них связаны с одновременно протекающими физико-химическими и биохимическими процессами. Растворенный в воде кислород способен окислять многие органические соединения с образованием пероксида водорода и органических перекисей. Аналогичные продукты образуются при биохимическом окислении органических веществ, при этом большая часть пероксида водорода получается именно биохимическим путем.

Окисление органических веществ инициирует ультрафиолетовое излучение. Фотохимические реакции в поверхностном слое воды увеличивают скорости окисления различных веществ в 2—10 раз.

К физико-химическим факторам самоочищения относятся сорбция, коагуляция, растворение, эмульгирование веществ. Например, сорбция растворенных и коллоидных веществ взвешенными частицами приводит к увеличению их концентрации в микроразонах и повышению скорости химического и биохимического окисления веществ. Эмульгирование масел и нефтепродуктов увеличивает поверхность контакта в системе «кислород — вещество — клетка». Осаждение взвешенных частиц тоже представляет собой физико-химический процесс, так как сопровождается явлениями агломерации, коагуляции, сорбции.

Процессы осаждения тесно связаны с жизнедеятельностью гидробионтов. Они изымают из воды большие количества взвеси, выбрасывают непрерывный материал в виде фекальных комочков, легко оседающих на дно. Гидробионты, ускоряя процессы осаждения, способствуют очистке воды от взвеси и транзиту ее в донные отложения. Таким образом загрязнения распределяются между водным слоем и донными отложениями.

Самоочищение от ионов тяжелых металлов происходит в результате ряда процессов: соосаждения с гидроксидами трехвалентных металлов; сорбции ионов органическими коллоидами и микроорганизмами; образования сложных металлоорганических комплексов с гуминовыми кислотами. Доля участия каждого из этих процессов в удалении тяжелых металлов зависит от концентрации металлов, pH, окислительно-восстановительных условий. В ходе этих процессов вода освобождается от ионов тяжелых металлов, которые переходят в донные осадки и накапливаются там. Изменение окислительно-восстановительных процессов способствует переходу ионов металлов в водный слой, т. е. вторичному загрязнению воды.

В самоочищении водоема **биохимическая деятельность** гидробионтов доминирует. Практически все химические и физико-химические процессы самоочищения ускоряются благодаря участию обитателей водоема. Сложившиеся здесь сообщества живых организмов реагируют на воздействие химических загрязнений как одно целое, как система, способная справиться с внесенными извне загрязнениями путем включения их в биотический круговорот веществ в водоеме.

Способность водоема к самоочищению не безгранична. Как всякий сложный биохимический процесс, биологическое самоочищение чувствительно к внешним воздействиям, в том числе перегрузкам, токсичным соединениям и т. д. При высокой концентрации органических веществ, поступающих в водоем, гид-

робионты не успевают их использовать, вследствие чего загрязнения накапливаются, и состояние водоема резко ухудшается. Токсичные соединения, нарушающие целостность экологической системы водоема, также снижают его способность к самоочищению. Поглощение зоопланктоном сапрофитовых бактерий, составляющих определенное звено в пищевой цепи, стимулирует жизнедеятельность этого звена и тем самым повышает роль бактерий в биотическом круговороте.

По способу добывания пищи среди зоопланктона различают седиментаторы, фильтраторы и хищники следующим образом. К седиментаторам относятся кругоресничные и спиралересничные инфузории, многие коловратки, личинки некоторых насекомых. К фильтрации способны низшие ракообразные, некоторые виды коловраток и личинок насекомых. Удаляя из воды коллоиды и мелкую взвесь, фильтраторы и седиментаторы одновременно поглощают огромные количества бактерий и водорослей, способствуя осветлению воды. Сами они служат пищей хищному зоопланктону и рыбам.

Таким образом, в деструкции органического вещества в водоеме участвует сложное сообщество организмов разных трофических уровней. Фотосинтетическая деятельность фитопланктона обеспечивает водоем кислородом. Кроме того, некоторые представители фитопланктона непосредственно участвуют в самоочищении, усваивая простые органические соединения.

Процессы минерализации заметно усиливаются, если в водоеме присутствуют *макрофиты*. В зарослях макрофитов бентос, как правило, более богат разнообразными организмами — минерализаторами. Макрофиты стимулируют процессы аэробного биохимического разложения органики, выделяя в воду значительные количества кислорода. Кроме того, установлено, что в присутствии макрофитов интенсифицируется деятельность многих бактерий, в частности нефтеокисляющих.

Органические вещества как внесенные извне, так и образующиеся в результате отмирания фито- и зоопланктона частично оседают на дно. В донных отложениях процессы минерализации протекают так же интенсивно, как и в водном слое. В них участвуют бактерии, черви, моллюски, простейшие личинки насекомых. Гидробионты играют важную роль в освобождении воды от аллохтонной патогенной микрофлоры.

Таким образом, в устойчивых экологических системах всегда наблюдается цикл использования основных ресурсов. Продукты жизнедеятельности одного организма являются пищей для дру-

гого. В связи с этим не происходит катастрофических загрязнений окружающей среды, биоценозы (совокупность живых организмов, характеризующихся определенными отношениями между собой и приспособленностью к условиям окружающей среды) функционируют достаточно продолжительное время. В природных системах в результате естественного отбора создается такая совокупность потребителей и пользователей природного ресурса, что не возникает ни истощения, ни загрязнения его. При управлении водными ресурсами в РФ используется экологический подход, являющийся научной основой комплексного природопользования. Искусственные водоемы должны формироваться по аналогичному принципу с природной системой. Если невозможно создать объекты, когда отходы от одного предприятия служили бы сырьем для другого, вводят в такую систему элементы, собирающие неиспользуемые отходы и утилизирующие их в других системах. В нашей стране широко внедряется инженерно-экологическое направление водохозяйственной деятельности, решающее задачи не только водообеспечения, но и охраны водных и земельных ресурсов. Наиболее распространенным примером реализации инженерно-экологического принципа в промышленном водоснабжении является создание оборотных систем и систем повторного использования очищенных сточных вод. В последние годы на ряде предприятий организовано водообеспечение с учетом принципов безотходных технологий.

Комплексное использование водных ресурсов объединяет физико-химические, биологические, инженерные и социальные аспекты народнохозяйственной деятельности. При рассмотрении любых водохозяйственных задач наряду с технологическими инженерными задачами решаются природоохранные и социологические. В связи с этим в водохозяйственной системе водоснабжение и водоотведение представляют собой лишь составную часть из множества элементов, выполняющих разнообразные функции и связанных между собой. Связи эти сложны, поэтому такие системы отнесены к разряду сложных или больших систем. Особенность таких систем — большое число входящих в них элементов ($10^4 \dots 10^7$) и тесная их взаимосвязь. Изучают и анализируют работу этих систем на основе методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам политического, военного, социального, экономического, научного и технического характера. Для этого проводятся анализ и описание принципов построения работы

как элементов системы, так и системы в целом. При этом учитывается взаимосвязь отдельных элементов водохозяйственной системы (как структурных частей сложной системы) с учетом роли каждого из элементов в решении поставленной перед системой цели. Анализ процессов функционирования водохозяйственных систем дает возможность оптимизировать структурные части системы в настоящее время и в перспективе.

Рост населения Земли, истощение природных ресурсов, негативное воздействие человека на окружающую природную среду создают угрозу системе человек — окружающая среда. Прогноз показывает, что существующие тенденции использования природных ресурсов приведут к негативному воздействию на природную окружающую среду, и в частности на водные ресурсы. Так, в водные объекты РФ ежегодно сбрасывают сточные воды промышленных предприятий (63 % от общего объема образующихся сточных вод), населенных мест и оросительных систем (53 %) [по данным госдоклада «О состоянии использования водных ресурсов РФ в 2001 г.».]. Основными источниками загрязнения, поступающими в природные водные объекты, являются предприятия черной и цветной металлургии, нефтехимической, нефтяной, газовой, угольной, лесной, целлюлозно-бумажной промышленности, сельского хозяйства. Для защиты водных ресурсов нашей страны необходимо строительство эффективных очистных сооружений, а иногда и десятикратное разбавление даже очищенных сточных вод, обогащение их перед спуском в водоем кислородом воздуха. Разработка комплекса инженерно-технических мероприятий позволит создать регулируемый, возобновляемый водный ресурс, необходимый как для развития народного хозяйства, так и для общества в целом.

ГЛАВА 2

ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

Вода — химическое соединение водорода (11,11 %) и кислорода (88,89 %). Чистая вода бесцветна и не имеет запаха и вкуса. Природная вода по своему составу весьма разнообразна. В ее состав входят соли (преимущественно в виде ионов, молекул и комплексов), органические вещества (в молекулярных соединениях и в коллоидном состоянии), газы (в виде молекул и гидратированных соединений), диспергированные примеси, гидробионты (планктон, бентос, нейстон, пагон), бактерии, вирусы.

2.1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Водород и кислород при соединении обеспечивают создание устойчивой молекулы, в которой электроны «находят себя», так как оба элемента живут как бы при дефиците электронов. Атомы и электроны особым образом располагаются в микропространстве, их внешние (у кислорода) электроны объединяются. В результате молекуле воды свойственна дисимметрия: кислородная часть молекулы имеет отрицательный заряд, а водородная — положительный. Они смещены относительно друг друга, поэтому такая молекула похожа на маленький электромагнит (рис. 2.1). Пространственная схема

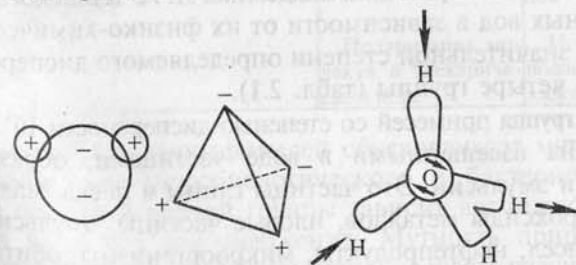


Рис. 2.1. Схематические варианты строения молекулы воды

строения молекулы воды имеет вид тетраэдра, или четырехлопастного винта, с двумя положительными и двумя отрицательными зарядами на вершинах тетраэдра, или концах лопастей винта. В центре таких фигур находится ядро атома кислорода, на двух соседних вершинах, или лопастях, — положительно заряженные атомы водорода, а на двух других — отрицательно заряженные электроны.

Молекулы воды оказываются чрезвычайно устойчивыми, поскольку атомы кислорода и водорода связаны друг с другом посредством образования электронных пар. Это так называемая ковалентная связь. Такую молекулу очень трудно разрушить, поэтому вода способна существовать в условиях разнообразных и очень сильных воздействий.

Качество воды в поверхностных источниках определяется совокупностью физико-географических условий (климат, рельеф местности, почвенный покров, характер прибрежной растительности), биологических процессов, протекающих в водоеме с участием гидробионтов, и деятельности человека (регулирование речного стока, строительство гидротехнических сооружений, ирригация, судоходство, сброс сточных вод и т. д.).

Под качеством природной воды понимают совокупность ее свойств, обусловленных характером содержащихся в воде примесей. По своей природе примеси природных вод делятся на органические и неорганические. Отдельную группу примесей составляют микрофлора и микрофауна природных водоемов, оказывающие существенное влияние на качество воды в самом водоеме, а также на работу очистных сооружений и систем водоснабжения промышленных предприятий. С этой точки зрения особое значение имеет не только природа примесей, но и их физико-химическое состояние.

Согласно классификации академика Л. А. Кульского, примеси природных вод в зависимости от их физико-химического состояния, в значительной степени определяемого дисперсностью, делятся на четыре группы (табл. 2.1).

Первая группа примесей со степенью дисперсности $10^3 \dots 10^5$ см представлена взвешенными в воде частицами, образующими суспензии и эмульсии. Это частицы глины и песка, малорастворимые гидроксиды металлов, иловые частицы, эмульсии минеральных масел, нефтепродукты, микроорганизмы, обитающие в толще воды, в том числе бактерии.

Таблица 2.1. Классификация примесей в природной воде

Гетерогенная система		Гомогенная система	
Взвеси (суспензии и эмульсии, обуславливающие мутность воды, а также микроорганизмы и планктон)	Коллоидные растворы и высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляемость и цветность воды, а также вирусы	Молекулярные растворы (газы, растворимые в воде органические вещества, придающие ей запахи и привкусы)	Ионные растворы (соли, кислоты, основания, придающие воде минерализованность, кислотность или щелочность)
Группа (дисперсность, см)			
I/($10^{-2} \dots 10^{-4}$)	II/($10^{-5} \dots 10^{-6}$)	III/($10^{-6} \dots 10^{-7}$)	IV/($10^{-7} \dots 10^{-8}$)
Механическое безреагентное разделение	Диализ, ультрафильтрация	Аэрация, эвапорация, десорбция газов и летучих органических соединений при аэрировании	Гиперфильтрация
Окисление хлором, озоном и др. Адгезия на гидроксидах алюминия или железа, а также на зернистых и высокодисперсных материалах	Окисление хлором, озоном и др. Адсорбция на гидроксидах алюминия и железа, а также на высокодисперсных глинистых минералах	Окисление хлором, оксидом хлора (IV), озоном, перманганатом калия	Перевод ионов в малодиссоциированные соединения. Фиксация ионов на твердой фазе ионитов
Флотация суспензий и эмульсий	Коагуляция коллоидных систем	Адсорбция на активированных углях и других материалах	—
Агрегация флоккулантами	Агрегация высокомолекулярными флоккулантами катионного типа	Экстракция органическими растворителями	Сепарация ионов при различном фазовом состоянии воды
Бактерицидное воздействие на патогенные микроорганизмы и споры	Вирулицидное воздействие	Ассоциация молекул	Перевод ионов в малорастворимые соединения
Электрофильтрация и электроудерживание микроорганизмов	Электрофорез и электродиализ	Биохимическое разложение	Микробное выделение ионов металлов
		Поляризация молекул в электрическом поле	Использование подвижности ионов в электрическом поле

Совокупность этих примесей обуславливает мутность воды. От химического гидробиологического и бактериологического состава примесей первой группы зависит возможность использования воды для водоснабжения. Мутность природной воды может существенно возрастать при массовом развитии некоторых гидробионтов, в частности водорослей.

Вторую группу примесей составляют коллоидно-растворенные примеси и высокомолекулярные органические вещества со степенью дисперсности $10^{-5} \dots 10^{-6}$ см. В основном это минеральные и органоминеральные частицы почвы и грунта, коллоидные соединения железа, а также гумус — продукт биохимического разложения растительных и животных остатков. Гумусовые вещества, относящиеся ко второй группе примесей, представлены гуминовыми и фульвокислотами, образующими коллоидные растворы и придающими воде цветность. Коллоидные примеси второй группы увеличивают мутность воды.

К третьей группе примесей относятся молекулярно-растворенные вещества со степенью дисперсности $10^{-6} \dots 10^{-7}$ см. В эту же группу входят вирусы и бактериофаги.

К растворенным органическим соединениям естественного происхождения относят также продукты жизнедеятельности и разложения бактерий, актиномицетов, плесеней, водорослей, макрофитов и других обитателей водной среды и растворенные фульвокислоты. Различные источники загрязнения существенно повышают концентрацию органических веществ в водоеме. Продукты жизнедеятельности гидробионтов при массовом их развитии придают воде различные запахи и привкусы, борьба с которыми представляет значительные трудности. К этой же группе примесей относят растворенные в воде газы: кислород, диоксид углерода.

Растворенный кислород играет важную роль в биохимических процессах, происходящих в водоеме. Диоксид углерода образуется при окислении органических веществ микроорганизмами и частично переходит в гидросферу из атмосферы. Растворенная углекислота потребляется фотосинтетиками в качестве источника углерода. В воде некоторых загрязненных поверхностных водоемов может присутствовать растворенный сероводород — продукт жизнедеятельности аммонифицирующих и сульфатвосстанавливающих бактерий.

Четвертую группу примесей составляют вещества, диссоциирующие в воде на ионы. Степень дисперсности их менее 10^{-7} см. Это в основном различные соли, суммарная концентрация которых определяет степень минерализации воды. Общее содержание солей в воде большинства природных источников достаточно точно определяется катионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и анионами HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- . Однако природные воды содержат и массу других элементов, таких, как железо, марганец, фосфор, азот и т. д.,

которые наряду с основными катионами и анионами обеспечивают микроорганизмам полноценное минеральное питание.

Поверхностные воды характеризуются большим содержанием нерастворимых веществ, в частности органических соединений. Помимо частиц песка и глины в них имеются лёсс, илистые вещества, различные карбонатные соединения, гидроксиды алюминия, марганца и железа, высокомолекулярные органические примеси гумусового происхождения, иногда в виде органоминеральных комплексов, планктон и др.

Содержание взвешенных веществ в поверхностных водоисточниках изменяется от нескольких единиц до десятков тысяч миллиграммов на литр. Как правило, минимальное содержание солей характерно для северных рек с поверхностным питанием (Нева, Северная Двина), а максимальное — для южных, которые питаются подземными водами (Терек). По виду растворенных солей в воде реки подразделяют на гидрокарбонатные (Волга, Кама), сульфатные (Дон), хлоридные (Ишим). Содержание органических веществ в речных водах достигает 180 мг/л и более (северные реки). В воде озер содержание солей изменяется. Количество органических веществ в них достигает 100 мг/л и более. Состав воды водохранилищ зависит от условий формирования и режима источников питания. Как правило, водаохранилищ характеризуется значительным содержанием органических веществ, наличием планктона и повышенной минерализацией в придонных слоях.

Подземные воды не содержат большого количества органических веществ, но часто насыщены минеральными солями, а иногда и газами (H_2S , CO_2 , CH_4). При гидравлической связи между поверхностными и подземными водами последние отличаются повышенной окисляемостью. Наблюдается прямая зависимость между глубиной залегания подземных вод и степенью их минерализации. Подземные воды часто характеризуются значительной жесткостью и повышенным содержанием железа, марганца, фтора. Таким образом, различные примеси в природной воде образуют с ней сложные гомогенные и гетерогенные системы.

Для большей части поверхностных водоемов, используемых в качестве источников водоснабжения, характерны малая минерализация, изменение состава воды под влиянием гидрометеорологических условий и биохимических процессов, сезонные колебания температуры и состава воды. Сезонные колебания в составе воды особенно резко проявляются в увеличении ее мут-

ности и цветности в периоды паводков. В этот же период возрастает бактериальная загрязненность воды.

Сточные воды образуются в результате физиологической, хозяйственной и производственной деятельности человека. В зависимости от происхождения и характера примесей различают *бытовые, производственные и дождевые* сточные воды.

Основная часть органических загрязнений бытовых сточных вод представлена белками, жирами, углеводами и полупродуктами их разложения. Неорганическую часть загрязнений составляют частицы песка, глины, а также соли, присущие питьевой воде и образующиеся в процессе жизнедеятельности человека (фосфаты, гидрокарбонаты и аммонийные соли). Из общей массы загрязнений на долю органических веществ приходится 45...58 %.

Примеси сточной воды находятся в *растворенном, коллоидном и нерастворенном* состоянии. Нерастворенные вещества представлены взвешенными в воде частицами разной степени дисперсности, часть которых способна выпадать в осадок. Органические вещества бытовой сточной воды примерно поровну распределяются между растворенной, коллоидной и оседающей фракциями.

Загрязненность сточных вод органическими веществами, которые могут служить источниками питания и энергии для микроорганизмов, оценивают косвенно по величине, называемой **биохимической потребностью в кислороде (БПК)**. В величину БПК входит расход кислорода на окисление биохимически окисляемых растворенных, коллоидных и частично взвешенных примесей.

В поверхностных водах величины БПК₅ колеблются от 0,5 до 4,0 мг/л и подвержены сезонным и суточным изменениям. Сезонные колебания в основном зависят от изменения температуры, исходной концентрации растворенного кислорода. Влияние температуры сказывается через ее воздействие на скорость процесса потребления, которая увеличивается в 2...3 раза при повышении температуры на 10 °С. Влияние начальной концентрации кислорода на процесс БПК связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой определенный кислородный оптимум для развития и в целом для физиологической и биохимической активности. Суточные колебания БПК₅ также зависят от исходной концентрации растворенного кислорода, которая может в течение суток изменяться на 2,5 мг/л, в зависимости от соотношения интенсивности процессов его продуцирования и потребления.

Весьма значительны изменения значений БПК₅ в зависимости от степени загрязненности водоемов. Ниже представлены значения БПК₅ в водоемах с различной степенью загрязненности.

Степень загрязнения	БПК ₅ , мг/л О ₂
Очень чистые	0,5...1,0
Чистые	1,1...1,9
Умеренно загрязненные	2,0...2,9
Загрязненные	3,0...3,9
Грязные	4,0...10,0
Очень грязные	10,0

Диффузное загрязнение поступает в водную среду через атмосферу, снеговые и ливневые стоки с полей и прочих сельскохозяйственных угодий. Роль атмосферных осадков как источника загрязнения устанавливается измерениями. Так, концентрация многих солей металлов в них (Hg, Ni, Cu, Zn, Se, Co и пр.) значительно выше, чем в поверхностных водах, что указывает на влияние промышленных источников. Отмечено также отрицательное влияние сернокислых выделений, а также выхлопных газов двигателей на окружающую среду. Однако наибольшую опасность представляет радиоактивное загрязнение, которое переносится на значительные расстояния. Наряду с перечисленными источниками загрязнения серьезную опасность представляют снеговые и ливневые стоки.

Комплекс загрязнений бытовой сточной воды служит полноценным субстратом для гетеротрофных организмов, так как включает источники углеродного питания (белки, жиры, углеводы), необходимые биогенные элементы (азот и фосфор) и микроэлементы, всегда присутствующие в питьевой воде.

Состав очищенных сточных вод достаточно постоянен и характеризуется эффективностью очистки сточных вод на очистных сооружениях систем водоотведения. В водные объекты поступают очищенные сточные воды, имеющие следующее содержание загрязнений (мг/л): взвешенные вещества — 15; БПК — 15; солевой состав — 200; ХПК — 40. Доочистка очищенных городских сточных вод на сооружениях дает возможность в 2 раза сократить содержание загрязнений. Солевой состав в сточных водах при этом сохраняется.

Сточные воды, образующиеся в результате использования воды в технологических процессах различных производств, называются **производственными**. Характер загрязнений и концентрация их в производственных сточных водах чрезвычайно

разнообразны и зависят как от вида производства, так и от принятого технологического режима. Для очистки многих видов производственных сточных вод применяют биологические методы. Такие сточные воды условно можно разделить на четыре категории.

К **первой категории** относят сточные воды, которые нагреваются, но не загрязняются.

Ко **второй** — сточные воды, загрязненные органическими веществами без токсических примесей; в основном это сточные воды предприятий пищевой промышленности.

К **третьей** — сточные воды, содержащие биохимически окисляемые примеси и токсичные соединения. В некоторых случаях предварительное удаление токсичных соединений создает возможность дальнейшей биологической очистки, которую чаще осуществляют совместно с бытовыми сточными водами. Например, токсичные примеси кожевенных стоков — сульфиды и хром. Из сточных вод кожевенных заводов их выделяют на локальных очистных сооружениях, после чего биологическая очистка идет беспрепятственно. Сточные воды многих отраслей легкой промышленности содержат ПАВ и красители — токсичные для микроорганизмов соединения, которые также удаляют из стоков перед подачей их на биологическую очистку.

Сточные воды многих видов производств (нефтеперерабатывающей промышленности, коксохимической, гидролизной и др.) содержат органические примеси, которые в обычных условиях являются ядами для микроорганизмов. К их числу относятся фенолы, спирты, нефтепродукты, сернистые соединения и т. д. Однако при соответствующей адаптации микроорганизмов и выращивании специфического активного ила биологическая очистка таких сточных вод возможна. Например, на коксохимических заводах и газогенераторных станциях сточные воды, содержащие до 1 г/л фенолов, очищаются с помощью комплекса адаптированных бактерий, способных окислять фенолы.

Четвертую категорию сточных вод представляют некоторые виды стоков, не имеющих органических примесей и загрязненных в основном кислородсодержащими солями. К ним относятся стоки гальванических цехов, обогащенные оксидами шестивалентного хрома; сточные воды некоторых производств азотной промышленности, содержащие нитраты и нитриты; сточные воды, загрязненные окисленными соединениями хлора.

Биологическая очистка таких сточных вод основана на способности микроорганизмов использовать окисленные соединения азота, хрома, хлора в качестве конечных акцепторов водорода при сопряженном окислении органических веществ бытовых сточных вод или отходов производства.

Для характеристики степени загрязненности производственных сточных вод органическими веществами одной величины БПК недостаточно, так как далеко не все примеси производственных стоков могут окисляться биохимическим путем. Прибегают к определению **химической потребности в кислороде (ХПК)**. Под ХПК понимают количество кислорода, необходимое для окисления органических веществ до диоксида углерода, воды и аммиака.

Важная характеристика производственных сточных вод — отношение БПК к ХПК. Она показывает, какая часть общего содержания органических примесей может быть окислена биохимическим путем. Считается, что биологическая очистка целесообразна, если это отношение больше 0,5, т. е. чем оно выше, тем эффективней очистка. Для бытовых сточных вод отношение БПК/ХПК достаточно постоянно и составляет 0,86; для производственных стоков оно изменяется в широких пределах.

В отличие от бытовых сточных вод многие виды производственных стоков не содержат азота и фосфора или одного из этих биогенов, поэтому для их биологической очистки требуется добавка биогенных элементов.

На городские очистные станции поступает обычно смесь бытовых и производственных сточных вод, прошедших в случае необходимости локальную очистку на предприятиях. Такие сточные воды называют *городскими*.

Коллекторно-дренажные воды систем ирригации образуются в результате осуществления мелиоративных и осушительных мероприятий, проводимых для осуществления интенсификации сельского хозяйства. Коллекторно-дренажные воды различны по своему составу. Они содержат в основном примеси органического или минерального происхождения, поступающие вместе с поливочными водами и вымываемые из почв и грунтов, сквозь которые они просачиваются. Их характеристика зависит в основном от гидрогеологических условий местности, интенсивности и культуры применения минеральных удобрений и ядохимикатов. Состав коллекторно-дренажных вод характеризуется повышенной минерализацией и сезонными колебаниями, обусловленными графиками полива и внесения удобрений.

2.2. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРИРОДНОЙ ВОДЫ

Состав воды оценивают физическими, химическими и санитарно-биологическими показателями.

К **физическим показателям** относят температуру, содержание взвешенных веществ, цветность, запахи и привкусы.

Температура воды подземных источников характеризуется постоянством (8...12 °С). Температура воды поверхностных источников меняется по сезонам года (0,1...30 °С) и зависит от поступления в них подземных вод, а также сбросов использованной воды.

Прозрачность и мутность — показатели наличия в воде взвешенных веществ (частиц песка, глины, ила, планктона, водорослей и др.).

Цветность воды обусловлена присутствием в воде гумусовых и дубильных веществ, белково- и углеводоподобных соединений, жиров, органических кислот и других органических соединений, входящих в состав живых и растительных организмов, населяющих воду и являющихся продуктами их жизнедеятельности или распада. Окраска воды вызывается также присутствием соединений железа, сточных вод или «цветением» водоемов. При массовом развитии водорослей вода приобретает светло-зеленую, зеленовато-бурую, темно-бурую и изумрудно-зеленую окраску.

Цветность природных вод обусловлена также гумусовыми веществами. При этом нерастворимые гумусовые вещества почвы в природных водах присутствуют лишь во взвешенном состоянии, а в коллоидно- и истинно растворенном состоянии присутствуют фульво- и гуминовые кислоты преимущественно в виде солей щелочных и щелочноземельных металлов. Цветность воды измеряется в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Для питьевой воды она не должна превышать 20°.

Привкусы и запахи природных вод могут быть естественного (присутствие железа, марганца, сероводорода) или искусственного (сброс промышленных стоков) происхождения. Различают четыре основных вкуса воды: соленый, горький, сладкий и кислый. Оттенки вкусовых ощущений, складываемые из основных, называют привкусами. Соленый вкус воды обычно обусловлен присутствием хлорида натрия, горький — сульфата магния; кислый вкус в большинстве случаев объясняется избытком растворенной углекислоты (минеральные воды); железистый привкус придают

воде растворенные соли железа; щелочной — поташ, сода, едкие щелочи; вяжущий — сульфат кальция, соли марганца.

К запахам естественного происхождения относят землистый, рыбный, гнилостный, сероводородный, ароматический, болотный, глинистый, тинистый и др. К запахам искусственного происхождения — хлорный, камфорный, аптечный, фенольный, хлорфенольный, запах нефтепродуктов.

Возникновение в поверхностных водоемах запахов естественного происхождения обычно связано с массовым развитием водорослей — диатомовых, синезеленых, хризомонады и т. д. В процессе жизнедеятельности водоросли продуцируют в воду специфические органические вещества. После отмирания они гниют на дне водоема, вызывая различные привкусы и запахи. Многие плесени и лучистые грибки (например, актиномицеты) также вызывают привкусы и запахи естественного происхождения, которые являются сложными смесями ароматических углеводородов и кислородсодержащих соединений — кетонов, спиртов, альдегидов, эфиров и др. Эти вещества летучи, хорошо адсорбируются активным углем и разрушаются сильными окислителями.

Интенсивность и характер запахов и привкусов воды в настоящее время определяют органолептически, т. е. с помощью органов чувств по пятибалльной шкале.

Общий сухой прокаленный остаток (мг/л или мг · экв/л) — понятие, позволяющее судить о количестве солей и концентрации примесей, содержащихся в природных водах.

Общий, или плотный, остаток характеризует содержание в воде в основном примесей неорганического происхождения. Он представляет собой остаток от выпаривания известного объема не фильтрованной воды, который затем высушивают при 110 °С до постоянной массы.

Сухой, или растворенный, остаток характеризует содержание минеральных солей и нелетучих органических соединений. Он получается при выпаривании известного объема определяемой воды, предварительно профильтрованной через бумажный фильтр.

Прокаленный остаток характеризует содержание в испытуемой воде неорганических примесей. Он определяется путем выпаривания известного объема воды, прокаливания полученного остатка при 800 °С и его взвешивании. Различают *прокаленный растворенный* остаток и *прокаленный общий* остаток. В первом случае пробу воды перед выпариванием фильтруют через бумажный фильтр, а во втором — нет. Из сказанного очевидно, что

прокаленный растворенный остаток характеризует солесодержание воды. При употреблении человеком воды с повышенным содержанием солей наблюдается гиперминерализация организма, что вызывает различные функциональные заболевания.

Величина растворенного остатка лимитируется для воды, используемой при производстве кино- и фотопленки, капрона, капролактама, каучука, а также для питательной воды паровых котлов. Так, для котлов высокого давления необходима вода, значение растворенного остатка которой близко нулю.

Химический состав воды характеризуется ионным составом, жесткостью, щелочностью, окисляемостью, активной концентрацией водородных ионов (рН), сухим остатком, общим солесодержанием, содержанием растворенного кислорода, свободной углекислоты, сероводорода, активного хлора.

Солесодержание воды оценивают по сухому остатку, мг/л: ультрапресные — до 100; пресные — 100...1000; слабосоленые — 1000...3000; соленые — 3000...10 000; сильносоленые — 10 000...50 000; рассолы — 50 000...300 000; ультрарассолы — более 300 000.

О качестве природной воды судят на основе ее полного анализа. Проверка правильности определения солевого состава может быть произведена по равенству суммы главных катионов сумме доминирующих анионов, выраженных в мг/л и пересчитанных в мг · экв/л согласно уравнению:

$$\frac{\text{Na}^+}{23} + \frac{\text{K}^+}{39,1} + \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,0} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} = \frac{\text{Cl}^-}{35,5} + \frac{\text{HCO}_3^-}{61,03} + \frac{\text{SiO}_2^{-2}}{38,03} + \frac{\text{SO}_4^{2-}}{48,03}.$$

Расхождение между левой и правой частями выражения не должно превышать 5 %.

Хлориды и сульфаты (мг/л или мг · экв/л) благодаря своей высокой растворимости присутствуют во всех природных водах обычно в виде натриевых, кальциевых и магниевых солей. Растворимость поваренной соли составляет 360 г/л, а хлористого магния — 545 г/л. В природных водах может быть от 60 до 100 мг/л сульфат-ионов. При отсутствии в воде кислорода сульфат-ионы под действием сульфатредуцирующих бактерий восстанавливаются до сероводорода.

Щелочность воды (мг · экв/л) определяется суммой содержащихся в воде гидроксильных ионов и анионов слабых кислот — угольной, органических. Различают бикарбонатную, карбонатную и гидратную щелочность, а их сумма определяет общую щелочность воды. Щелочные металлы (мг/л) в природных

водах обычно представлены ионами калия и натрия с преобладанием последнего.

Жесткость воды обусловлена наличием в ней солей кальция и магния. Жесткость воды выражают в мг · экв/л (1 мг · экв/л жесткости, или 12,16 мг/л ионов магния). За рубежом жесткость воды измеряют различными градусами жесткости: один немецкий градус составляет 10 мг/л CaO; английский — 10 мг CaCO₃ в 0,7 л воды; французский — 10 мг/л CaCO₃; американский — 1 мг/л CaCO₃. Различают карбонатную, некарбонатную и общую жесткость воды. Карбонатная жесткость обусловлена содержанием в воде карбонатных и бикарбонатных солей кальция и магния. При кипячении воды она легко устраняется, так как бикарбонаты распадаются с образованием углекислоты и декантацией карбоната кальция и гидроксида магния. Некарбонатная жесткость обусловлена кальциевыми и магниевыми солями серной, соляной, кремниевой и азотной кислот. Сумма карбонатной и некарбонатной жесткости определяет общую жесткость воды.

Железо и марганец присутствуют в природных водах в формах, зависящих от величины рН и окислительно-восстановительного потенциала. Так, железо может находиться в формах двух- и трехвалентных ионов, органических и неорганических коллоидов, комплексных соединений, тонкодисперсной взвеси, сульфида железа, гидроксидов железа. В подземных водах при отсутствии кислорода железо и марганец встречаются обычно в форме двухвалентных солей. В поверхностных водах железо и марганец встречаются в форме органических комплексных соединений, коллоидов или тонкодисперсных взвесей. Обычно содержание железа и марганца в природных водах не превышает нескольких десятков мг/л, а в шахтных водах достигает нескольких сот мг/л и более. Длительное употребление человеком воды с повышенным содержанием железа может привести к заболеванию печени (гемосидерит), такая вода неприятна на вкус, причиняет неудобства в быту. Поэтому содержание железа в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л, а марганца — 0,1 мг/л.

Активная реакция воды является показателем ее щелочности или кислотности, количественно характеризуется концентрацией водородных ионов. Молекулы воды диссоциируют на ионы водорода и гидроксила: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$

Константа равновесия К для этой реакции определяется уравнением

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] / [\text{H}_2\text{O}] = K$$

Произведение концентраций ионов водорода и гидроксидов в водном растворе K — величина постоянная для любого водного раствора при данной температуре. При комнатной температуре можно принять $K = 10^{-14}$. Тогда в нейтральном растворе концентрации водородных и гидроксидных ионов равны, т.е. $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ г ионов/л.

По концентрации водородных ионов можно заключить о кислотности или щелочности воды, т. е. при $[H^+] > 10^{-7}$ растворы имеют кислую реакцию, а при $[H^+] < 10^{-7}$ — щелочную.

На практике активную реакцию воды выражают водородным показателем pH, являющимся отрицательным десятичным логарифмом концентрации водородных ионов, т. е. $pH = -\lg[H^+]$.

Для нейтральной воды $pH = 7$, для кислой — меньше 7 и для щелочной — больше 7. Природные воды по величине pH можно классифицировать на кислые $pH = 1...3$, слабокислые $pH = 4...6$, нейтральные $pH = 7$; слабощелочные $pH = 8...10$, щелочные $pH = 11...14$. Активная реакция природных вод обычно варьирует в пределах 6,5...8,5, что соответствует лимитам питьевой воды.

Окисляемость воды (т. е. количество кислорода в мг/л, эквивалентное расходу окислителя, необходимого для окисления примесей в данном объеме) обусловливается присутствием органических и некоторых легкоокисляющихся неорганических примесей. В зависимости от применяемого окислителя различают перманганатную и бихроматную окисляемость. При этом окисляемость в 1 мгО/л соответствует окисляемости 0,253 мг/л $KMnO_4$.

Резкое повышение окисляемости воды свидетельствует о ее загрязнении органическими примесями. По величине окисляемости природной воды можно судить о ее гигиенической характеристике. Для питьевой воды окисляемость не лимитируется. Она ограничивается для питательной воды котлов, вызывая ее вспенивание; охлаждающей воды, из-за возможного биообрастания труб и аппаратуры; воды, используемой при изготовлении синтетических волокон и пластмасс и т. п.

Азотсодержащие вещества (ионы аммония, нитритные и нитратные) образуются в воде в результате восстановления нитритов и нитратов железа сероводородом, гумусовыми веществами и т. д. либо в результате разложения белковых соединений, вносимых в водоем со сточными водами. В последнем случае вода ненадежна в санитарном отношении. В артезианских водах содержание нитритов достигает десятых долей мг/л, а в поверх-

ностных — до тысячных долей мг/л. Формы азотсодержащих соединений, присутствующих в воде, позволяют судить о времени внесения в водоем сточных вод. Например, присутствие ионов аммония и отсутствие нитритов свидетельствуют о недавнем загрязнении воды.

Кремний присутствует в природных водах в форме органических и минеральных соединений. В воде поверхностных источников содержится от десятых долей до нескольких мг/л кремния, а в подземных водах оно достигает десятков мг/л.

Соединения фосфора встречаются в природных водах в виде суспендированных частиц минерального и органического происхождения, ионов ортофосфорной кислоты для сложного органического комплекса. В природных водах соединения фосфора присутствуют в малых количествах, но существенно влияют на водную растительность. Содержание соединений фосфора в питьевой воде не регламентировано.

Фтор в природных водах содержится до 18 мг/л и более. Однако подавляющее большинство источников централизованного водоснабжения в нашей стране характеризуется содержанием фтор-иона до 0,5 мг/л. Фтор является активным в биологическом отношении микроэлементом, количество которого в питьевой воде во избежание кариеса или флюороза должно быть в пределах 0,7... 1,5 мг/л.

Йод в природных водах присутствует в ничтожных количествах и является очень важным биологическим микроэлементом, содержание которого в питьевой воде во избежание эндемического зоба не должно быть менее 10^{-8} мг/л.

Токсические вещества — мышьяк, стронций, бериллий и др., а также радиоактивные вещества — уран, радий обычно попадают в водоемы со сбросом сточных вод.

Растворенные в воде газы — кислород, углекислоты, сероводород, метан и азот оказывают существенное влияние на качество воды. Так, углекислота, сероводород, кислород при определенных условиях коррозионные свойства по отношению к металлам и бетонам.

Сероводород в природных водах встречается органического (продукт распада органических соединений) и неорганического (растворение минеральных солей — серного колчедана, гипса и др.) происхождения. Сероводород в природных слоях поверхностных вод бывает в незначительных количествах. В подземных водах его количество достигает нескольких десятков мг/л. Присутствие сероводорода в воде придает ей неприятный запах,

способствует коррозии металла и может вызвать зарастание трубопроводов в результате интенсивного развития серобактерий.

Кислород попадает в воду при контакте с воздухом. Его содержание зависит от температуры и давления. В артезианских водах кислород не встречается, а в поверхностных концентрация его довольно велика. В поверхностных водах содержание кислорода уменьшается при наличии организмов брожения, гниения органических остатков и т. п. Резкое снижение содержания кислорода в воде указывает на ее загрязнение.

Азот в природные воды проникает из воздуха при разложении органических остатков, а также при восстановлении соединений азота динитрофицирующими бактериями. Образующийся в воде в процессе гниения растений аммиак существенно влияет на технологию хлорирования воды.

Метан присутствует в природных водах, используемых для водоснабжения, как правило, в незначительных количествах. Однако в болотных водах, где протекают процессы разложения клетчатки растительных остатков, а также в подземных водах газонефтеносных районов содержание метана достигает до 30 мг/л и более.

Гидробионты, населяющие природные воды, в процессе жизнедеятельности влияют не только на состав окружающей водной среды, но и на качество воды.

На процессы формирования и самоочищения воды гидротация оказывает значительное влияние, так как многие ее представители используют растворенные органические вещества, некоторые животные-фильтраторы питаются бактериями, водорослями и т. п.

Санитарно-бактериологическим показателем качества воды являются коли-титр или коли-индекс, а также общее число содержащихся в воде бактерий. Бактерии и вирусы из числа патогенных, т. е. паразитов, живущих на живом субстрате, развивающихся в воде, могут вызвать заболевания брюшным тифом, паратифом, дизентерией, бруцеллезом, инфекционным гепатитом, острым гастроэнтеритом, сибирской язвой, холерой, полиомиелитом, туляремией, конъюнктивитом и т. д.

Бациллы в неблагоприятных жизненных условиях образуют споры, которые могут сохраняться в жизнеспособном состоянии в течение сотен лет. При попадании в благоприятные условия споры прорастают и бактерии начинают вновь размножаться.

Вирусы — мельчайшие живые существа размером 16...30 мкм, видимые только под электронным микроскопом. В отличие от бактерий они не имеют клеточной структуры и состоят из нуклеиновой кислоты, покрытой белковой оболочкой, имеют шаро- и кубообразную форму или форму прямых и изогнутых палочек. Вирусы являются внутриклеточными паразитами. Среди них встречаются бактериофаги, паразитирующие в клетках бактерий и вызывающие их разрушение и гибель.

Вирусы не размножаются на искусственных питательных средах. На холоде фильтрующиеся вирусы сохраняют свою активность на протяжении многих лет. При высушивании они приобретают стойкость к повышенным температурам.

Между микробами водоемов существуют взаимоотношения симбиотического, нейтрального и антагонистического характера. Антагонисты бактерий — различные грибки, выделяющие антибиотики (пенициллин, стрептомицин и др.), летально действуют на микробы, что способствует самоочищению водоемов.

Для каждого вида микробов существует оптимальное значение pH среды, отклонение от которой вызывает коагуляцию коллоидов протоплазмы и нарушает каталитическую функцию ферментов клетки. Для многих бактерий оптимальным является pH воды 7,0, для нитритных бактерий — 4,7...8,8, нитратных — 6,5...9,3, серобактерий — 1,0...4,0, кишечной палочки — 4,4...7,8. Солнечный свет и ультрафиолетовые лучи оказывают летальное действие на микробы.

В связи с тем что при биологическом анализе воды определение патогенных бактерий затруднено, бактериологические определения сводятся к нахождению общего числа бактерий в 1 мл воды, растущих при 37 °С, и кишечной палочки — бактерии коли. Наличие последней имеет индикаторные функции, т. е. свидетельствует о загрязнении воды выделениями людей и животных и т. п. Минимальный объем испытуемой воды (мл), приходящийся на одну кишечную палочку, называют коли-титром, а количество кишечных палочек в 1 л воды — коли-индексом.

2.3. ТРЕБОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ

По целевому назначению природные воды подразделяют на пять групп:

- питьевую и используемую в пищевой промышленности;
- для рекреационных целей;

- технологическую, необходимую в ряде производств или их отдельных этапов (для разбавления, процессов мойки, отбеливания, например бумажная, текстильная, кожевенная и другие отрасли промышленности; в паросиловом хозяйстве; для охлаждения различных элементов конструкций, в холодильных установках и конденсаторах, для охлаждения жидких и газообразных продуктов в ряде производств);

- для рыбохозяйственных целей;

- для нужд сельского хозяйства.

К воде потребители предъявляют самые разнообразные требования, согласно которым ее можно классифицировать:

- для хозяйственно-питьевых целей, коммунальных предприятий, а также для нужд пищевой и некоторых других отраслей промышленности;

- охлаждения (технологического оборудования, пара, жидких и газообразных продуктов, доменных и мартеновских печей, конденсаторов турбин и паровых машин; вагранок, кузнечных молотов и др.);

- нужд паросилового хозяйства (питание паровых котлов АЭС, ГРЭС и ТЭЦ);

- технологических нужд промышленности, где вода может входить в состав продукции или контактировать с ней;

- заводнения нефтяных пластов;

- нужд сельского хозяйства.

Хозяйственно-питьевая вода должна отвечать требованиям качества, которые регламентированы ГОСТ 2874—82 «Вода питьевая» и Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения. (СанПиН № 4630—88.)

Воду для охлаждения используют для непрерывно работающих агрегатов или для отведения теплоты от производственных продуктов. Воду при охлаждении обычно используют многократно, подвергая охлаждению. Качество охлаждающей воды нормируется условиями применения. Охлаждающая вода не должна давать отложений в трубах и аппаратах, по которым подается, так как отложения затрудняют теплопередачу и сокращают их живое сечение. Вода, используемая для охлаждения, не должна содержать крупных минеральных взвесей, большого количества железа и органических веществ во избежание засорения или биообрастания трубок холодильных аппаратов и конденсаторов. В оборотных системах при нагреве воды теряется углекислота и возрастает вероятность накипеобразования. Этот

процесс усиливается с повышением содержания в исходной воде бикарбоната кальция; интенсивностью упаривания воды в системе; увеличением потери углекислоты, с уменьшением содержания в охлаждающей воде органических веществ, которые препятствуют выпадению в осадок карбоната кальция; повышением температуры нагрева охлаждающей воды и пр. Следовательно, качество воды, используемой для охлаждения, при котором не происходит в холодильных аппаратах зарастания живого сечения и не возникает коррозии, должно рассчитываться для конкретных условий с учетом всех вышеприведенных факторов.

Вода для нужд паросилового хозяйства не должна образовывать накипи, вызывать коррозию металла и вспениваться, способствовать уносу солей с паром. Использование жесткой воды приводит к накипеобразованию на поверхности нагрева, что ухудшает теплопередачу, вызывает перерасход топлива и перегрев металла, а в конечном счете в результате образования свищей и при карбонатном обрастании происходит разрыв труб.

Термический распад бикарбонатов, сопровождаемый возрастанием концентраций других растворенных в воде солей, что связано с непрерывным выпариванием, приводит к их выпадению из раствора и образованию накипи на стенках котла. При этом наибольшую опасность представляют соли с отрицательным термическим коэффициентом растворимости (соли, растворимость которых уменьшается с повышением температуры воды) — карбонат кальция, силикаты магния и кальция, сульфат кальция, образующие твердую накипь.

Соли с положительным термическим коэффициентом растворимости — карбонат, сульфат, фосфат и хлорид натрия осаждаются только из высококонцентрированных растворов, формируя накипь в виде рыхлого шлама. Присутствие этих солей снижает растворимость солей магния и кальция и поэтому способствует образованию накипи.

Вспенивание котловой воды вызывается присутствием фосфатов, щелочей, нефти, смазочных масел и синтетических поверхностно-активных веществ. Оно приводит к загрязнению пара и отложению примесей на лопатках турбин. Хлориды и сульфаты способствуют уменьшению вспенивания, коагулируя коллоидные соединения фосфатов.

При оценке качества питьевой воды особое внимание следует уделять щелочам, которые являются активными пептизаторами и переводят в коллоидное состояние грубодисперсные вещества, создавая опасность загрязнения пара. Вместе с тем присутствие

в воде щелочи значительно уменьшает растворимость соединений железа, предотвращая коррозию металла. В этих условиях образующийся при коррозии гидроксид железа осаждается из раствора на поверхность металла, формируя плотную защитную пленку. Поэтому рекомендуется подпитывать системы свежей водой с минимальным содержанием щелочи в пределах 25...50 мг/л едкого натра. Наличие в воде кремниевой кислоты недопустимо, так как это приводит к образованию в котлах высокого давления плотной, с низкой теплопроводностью накипи.

Вода для технологических нужд промышленности в зависимости от ее целевого использования должна отвечать самым разнообразным требованиям. Так, в воде, используемой в горнодобывающей промышленности при добыче, отмывке, сортировке, гидротранспорте и обогащении полезных ископаемых, должны отсутствовать грубые взвеси. Специфические требования предъявляются к воде, используемой для обработки готовой продукции, а также к воде, входящей в состав продукта.

Ряд предприятий предъявляют к воде требования, значительно превышающие лимиты требований ГОСТ 2874—82. Например, в воде, применяемой для изготовления кинофотопленки, фотобумаги, не должны присутствовать марганец, железо, кремнекислота и должны быть ограничены окисляемость воды и содержание хлоридов, а для приготовления растворов кислот и щелочей, красителей, мыла, жесткость должна быть до 0,35 мг · экв/л.

На промышленных предприятиях вода используется в основном для производства продукции в небольших количествах, для вспомогательных целей (охлаждения оборудования, транспортировки, в качестве растворителя и др.) используется до 80 % общего водопотребления.

В бессточных системах водного хозяйства технологические линии размещают при условии последовательного и многократного использования в них вод. Это дает возможность сократить потребление свежей воды и уменьшить загрязнение сточных вод, учитывая требования к их качеству.

Вода для нужд сельского хозяйства (птице- и зоофермы, животноводство, орошение, мелиорация и др.) по своему качеству должна соответствовать целевому использованию. Для водопоя птиц, зверей и животных на фермах следует подавать воду питьевого качества или, при невозможности соблюдения этого правила, воду с повышенным минеральным составом, где сухой остаток составляет до 1000...5000 мг/л, хлориды — до 400...2000 мг/л, сульфаты — до 500...2400 мг/л, общая жесткость — до 14...45 мг · экв/л.

Кроме того, с этой же целью можно использовать воду с повышенной цветностью, привкусами и запахами, при ее температуре 8...15 °С. При этом качество воды принимается в зависимости от вида и возраста животных. Водопой зверей и птиц водой непитьевого качества в каждом конкретном случае должен быть разрешен органами ветеринарного надзора. Для аридных и полупустынных регионов нашей страны утверждены специальные нормы качества воды для водопоя и хозяйственных нужд.

Основным требованием к качеству орошаемой воды является предотвращение засоления почв в результате испарения воды и аккумуляции содержания в ней солей. Четко сформулированных регламентаций качества воды для орошения нет. Практика показывает, что сульфаты магния и натрия, углекислый и хлористый натрий засоляют почвы и делают их непригодными для агротехнических целей. Поливные воды, содержащие небольшое количество сульфата кальция и углекислого магния, могут быть использованы для поливного земледелия. Минерализация поливных вод в зависимости от метеорологических и агротехнических факторов, условий полива и дренажа может меняться в широких пределах, не превышая 1,5 г/л. Поливная вода с соле-содержанием до 1 г/л пригодна для орошения независимо от местных условий.

2.4. ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ

В современных условиях хозяйственной деятельности антропогенное воздействие на гидросферу стало нарушать естественные природные процессы. Приобретенная в процессе эволюции способность природы к саморегулированию в условиях естественных изменений среды стала ослабляться. Человек, внося искусственные изменения в природную среду без учета законов природы, нарушает их устойчивость, что часто приводит к непоправимым и пагубным изменениям в экосистемах, прогрессирующему разрушению биосферы. В тяжелых условиях оказались воздушная и водная среды. Проблема получения чистого воздуха и свежей воды стоит перед более чем третьей частью населения планеты.

Проблема охраны природных вод наиболее остро встала перед промышленно развитыми странами. В особенно трудном положении находятся малые реки в густонаселенных промышленных районах, водные ресурсы которых не обеспечивают нуж-

ды народного хозяйства. Часто эти реки доводят до полного истощения.

Качество воды оценивается **концентрацией в ней вредных примесей**. В настоящее время еще не удалось создать достаточно эффективных очистных сооружений для сточных вод отдельных отраслей промышленности. В связи с этим нормальная работа таких предприятий зависит от степени разбавления концентрированных сточных вод чистой водой. Поэтому в условиях интенсивного отбора воды для нужд быстро развивающегося народного хозяйства, даже при современных методах очистки сточных вод, загрязнение водоисточников будет продолжаться.

Санитарное состояние водоемов различных районов страны в значительной мере зависит от степени концентрации на них промышленности, ее характера, а также обжитости водоема.

Тенденция в изменении качества воды различных водных объектов неодинакова. Наблюдается как улучшение, так и ухудшение качества воды или их стабилизация.

Подвергаются загрязнению и наиболее ценные источники водоснабжения населения — подземные воды.

Основными источниками загрязнения подземных вод являются накопители промышленных отходов, закачка загрязненных вод в глубокие слои, инфильтрация загрязнений с промышленных и городских территорий, фильтрация из загрязненных рек. Наиболее распространены химическое и бактериальное загрязнения. Проникновению загрязнений в подземные горизонты способствует интенсивное использование подземных вод.

2.5. ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ

Качество воды в водотоках и водоемах зависит от интенсивности загрязнения и расхода воды в реке, а также от ее температуры. В водохранилищах оно зависит от интенсивности водообмена.

Качество воды в реке (при $T = \text{const}$ и $G = \text{const}$, G — нагрузка сточными водами) характеризуют концентрация и интенсивность загрязнения сточными водами:

$$C = \alpha + G/Q + sQ, \quad (2.1)$$

где α — коэффициент интенсивности загрязнений, пропорциональный расходу Q воды в реке; s — коэффициент паводковых

вод, характеризующий очищающую способность пойменной территории.

Коэффициенты α и s определяют экспериментально и фактически. Для сильно загрязненных сточными водами рек:

$$C = \alpha + G/Q. \quad (2.2)$$

Зависимость концентрации веществ загрязнения от расхода определяется по формуле

$$C = \beta Q^{-b}, \quad (2.3)$$

где β и b — коэффициенты, определяемые в ходе исследований.

Показатели качества воды существенно зависят от расхода воды в реке. При оценке необходимо иметь данные, характеризующие качество воды в расчетные маловодные периоды:

$$C_p = \gamma n(C_n + C_{ф.п}) + C_{ф.р}, \quad (2.4)$$

где γ — коэффициент, учитывающий различные интенсивности процессов превращения (при разной продолжительности движения воды в реке от источника загрязнения до расчетного створа), в первом приближении $\gamma = 1$; n — кратность разбавления $n < 30$ ($n = Q/Q_p$); C_n , C_p — концентрация ингредиента при произвольном Q_n и расчетном Q_p расходах воды; $C_{ф.п}$, $C_{ф.р}$ — фоновые концентрации воды при произвольном и расчетном расходах реки.

В морских условиях (при отсутствии ледяного покрова) вода поверхностных слоев почти всегда насыщена кислородом, и необходимость расчетов кислородного баланса имеет место лишь в глубинных слоях, например во впадинах, в случае глубоководных выпусков сточных вод и пр. Почти все приведенные выше формулы соответствуют температуре воды 20 °С.

Качество воды в водотоке существенно зависит от температуры воды и интенсивности турбулизации потока.

В процессе превращения часть веществ загрязнения осаждается на дно водного объекта и образуется потенциальный источник вторичного загрязнения. При определенных условиях химически связанные вещества могут перейти вновь в растворимые и влиять на качество воды водоема.

Если в воде содержится кислород и аэробные бактерии, то верхний слой донных отложений окисляется. В противном случае, а также в глубинных слоях ила протекают анаэробные процессы превращения с выделением газов брожения.

Анаэробные процессы протекают на два-три порядка медленнее, чем в аэробных условиях. Надежных расчетных зависимостей для определения вторичных процессов превращения пока нет.

2.6. ФОНОВЫЕ ВОДЫ И ИХ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Человеческая деятельность изменяет состояние ландшафтов, которое формировалось исключительно под действием природных факторов. При решении практических задач охраны водных объектов условно принимают фоновыми участки рек (или озер), расположенные вне непосредственного влияния источников загрязнения. Этим требованиям отвечают верховья рек или их притоков.

Химический состав вод местного стока (стока одинаковых по происхождению вод, формирующихся в пределах определенной местности в приблизительно одинаковых условиях склонов и почвогрунтов) зависит от категории воды и характера питания рек и водоемов в годичном цикле. В озерах одним из основных факторов, определяющих качество воды, является характер водного питания. Полевые исследования позволяют построить изолинии качества речных вод, соответствующего определенному генетическому классу и интенсивности водообмена. Генетический подход позволяет определять качество воды водоемов. Для рек генетический принцип не подходит, так как при этом не учитываются колебания стока в годичном и многолетнем периодах, а также неравномерность одновременных стоковых характеристик по территории. Определение гидрохимических показателей фоновых участков рек с учетом характеристик стока позволяет определять показатели воды при расчетных расходах. Предполагается, что между гидрохимическими ингредиентами и речным стоком существует коррелятивная зависимость. Существование связи между параметром стока и рассматриваемым ингредиентом дает возможность определить их значения, соответствующие расходу произвольной обеспеченности. Расчетные показатели воды определяют обычно при обеспеченностях речного стока $P = 75...97\%$ (в зависимости от решаемой задачи). Метод дает хорошие результаты при изучении гидрохимических ингредиентов, характеризующих минеральный состав стока. Установлена коррелятивная зависимость (коэффициент корреляции $\gamma = 0,9$):

$$\sum i = k \lg M + d, \quad (2.5)$$

где $\sum i$ — сумма ионов, мг/л; k — коэффициент; M — модуль стока, л/(с · км²); d — постоянная.

Отсутствует связь между стоком и ингредиентами, характеризующими содержание в реках органических веществ (БПК, окисляемость и пр.). Прямой связи нет также между окисляемостью и БПК, поэтому значения БПК и окисляемости должны рассматриваться по кривым обеспеченности типа $\text{БПК}_5 = f(P\%)$. БПК имеет обычно два максимума: в паводок, когда частично смыывается поверхность грунта, и осенью, во время увядания растительности.

Для пересчета пятидневных значений БПК на полные для фоновых значений загрязненности вод можно пользоваться коэффициентом пересчета 1,5...2 (для рек с болотным питанием принимается коэффициент пересчета 2). Таким образом, фоновые значения БПК для рек и водоемов со значительным питанием болотных вод превышают часто значения ПДК, что указывает на необходимость корректировки ПДК с учетом местных условий. Погрешность при оценке фоновых значений БПК достигает $\pm 0,2$ мг/л (при не менее двукратной повторности) и более. В морской воде фоновые БПК могут быть равны 2 мг/л.

При определении допустимой нагрузки водоемов загрязнениями существенное значение имеет кислородный режим. Содержание растворенного в воде кислорода не падает в фоновых участках рек ниже 6...8 мг/л, а зимой — ниже 8...10 мг/л, т. е. дефицит в кислороде составляет 20...40 %. Обедненные кислородом воды наблюдаются в зонах грунтового питания и под сплошным ледяным покровом (в озерах требуется часто дополнительная аэрация).

Токсических и прочих вредных веществ и микробов в воде фоновых участков рек, озер и морей, как правило, не содержится. Исключением являются фенольные соединения растительного происхождения (продукты разложения древесины и др.), которые в малых концентрациях обнаружены даже в верховьях ряда горных рек. При качественной оценке и прогнозах последствий сброса в водоемы и реки сточных вод существенное значение имеют условия разбавления и смешения сточных вод, что зависит в значительной степени от гидрологического режима и морфометрии русла реки. Процессам разбавления способствуют поперечные течения, зависящие от коэффициента извилистости русла:

$$\varepsilon = l_{\phi}/l_{\text{пр}}, \quad (2.6)$$

где l_{ϕ} — длина участка водотока, измеренная по фарватеру; $l_{\text{пр}}$ — длина этого же участка, измеренная по прямой.

При $\epsilon < 1,2$ река прямолинейная, при $\epsilon = 1,2...1,4$ — умеренноизвилистая и при $\epsilon > 1,4$ — сильноизвилистая. Реки типизируют также по скорости течения, расходу и коэффициенту Шези и делят на горные, предгорные и равнинные. Для разделения рек на группы по их величине можно воспользоваться классификацией, согласно которой ручьями называют водотоки площадью водосбора $A < 10 \text{ км}^2$; малыми реками — $A < 5000 \text{ км}^2$; $l = 50...250 \text{ км}$, $Q = 2,5...50 \text{ м}^3/\text{с}$; средними реками — водотоки площадью $A = 5000...50\,000 \text{ км}^2$, $l = 250...600 \text{ км}$, $Q = 50...500 \text{ м}^3/\text{с}$; большими реками — водотоки $A > 50\,000 \text{ км}^2$, $l > 600 \text{ км}$ и $Q > 500 \text{ м}^3/\text{с}$.

Фоновые значения интенсивности загрязнений рек и водоемов являются важной предпосылкой при определении предельно допустимой нагрузки сточными водами.

2.7. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕК И ВОДОЕМОВ ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Загрязнения поступают в водную среду в виде концентрированных выбросов или в результате диффузии. Значительный объем загрязнений сбрасывается со сточными водами городов и промышленных предприятий, расположенных за чертой застройки. Сток сточных вод в течение времени (суток, недели, года) происходит неравномерно, имея, как правило, два суточных максимума (утренний и вечерний) и глубокий ночной минимум. Неравномерность стока оценивается обычно коэффициентами суточной ($k_{\text{сут}}$) и часовой ($k_{\text{ч}}$) неравномерности. Коэффициенты неравномерности притока сточных вод достигают до 2 и более, что значительно осложняет работу систем водоотведения города. Более стабильны расходы сточных вод от различных промышленных предприятий.

Состав сточных вод зависит от источника загрязнения и изменяется во времени, причем суточные колебания содержания различных ингредиентов значительны.

Загрязнения, содержащиеся в сточных водах, можно делить на **нерастворимые, коллоидные** (частицы от 0,1 до 0,001 мм) и **растворенные вещества**. По происхождению загрязнения бывают **минеральные, органические и бактериальные**. Минеральные загрязнения состоят из песка, растворов минеральных солей, кислот и пр. Органические загрязнения являются хорошей средой для развития бактерий, вирусов, грибков, составляющих бактериальное загрязнение.

Нерастворимые вещества перемещаются по дну (песок) либо находятся во взвешенном состоянии. Количество взвешенных веществ (мг/л) позволяет определить требуемую степень механической очистки сточных вод.

Органические вещества содержат, кроме углерода, азот, фосфор, калий, серу, хлорные соединения и пр. Количество органических загрязнений определяется, как говорилось выше, величиной БПК и ХПК.

Бактериальное состояние водоемов зависит от содержания в них патогенных и индикаторных бактерий, которые определяются показателями коли-титр или коли-индекс.

ГЛАВА 3

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

В современных условиях развития общества все большее значение приобретает комплексное использование водных ресурсов. В условиях перестройки экономики, изменений, происходящих в промышленности и сельском хозяйстве, а также с улучшением культурно-бытовых условий жизни людей увеличиваются водопотребление и другие формы использования водных ресурсов. Вопросы водообеспечения, охраны вод в настоящее время приобретают характер серьезной глобальной проблемы России. Создание оборотных систем водообеспечения промышленных предприятий и безотходных технологий требует дополнительного финансирования, что при создании иных форм финансовых моделей в России не обеспечивает требуемого снижения водопотребления. При решении задач водопользования необходимо рассматривать водохозяйственный комплекс.

Водохозяйственный комплекс представляет собой совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна.

Комплексное использование и охрана водных ресурсов предусматривают: всестороннюю оценку природных вод в отдельных речных бассейнах и экономических районах с учетом антропогенной деятельности в современных условиях и на перспективу; выявление потребностей в воде всех отраслей народного хозяйства, обоснование норм водопотребления с учетом повторного или последовательного использования воды, определение объема безвозвратных потерь; согласование запросов отдельных водопользователей с выделением наиболее эффективных и экономично расходуемых вод; разработку водохозяйственных балансов и выделение на основе их районов, испытывающих наибольший дефицит в воде; установление мер

по охране природных вод от истощения и загрязнения, а также разработку мер, предложений по очистке, обезвреживанию и использованию промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных стоков; определение ассигнований для выполнения намеченных мероприятий водохозяйственного и мелиоративного строительства и подсчет экономического эффекта от реализации запроектированных мер; оценка изменений природных условий в зонах проведения крупных водохозяйственных мероприятий; обоснование объема проектно-исследовательских и научно-исследовательских работ с определением состава их исполнителей.

Схема комплексного использования водных ресурсов позволяет учитывать изменения в развитии экономики страны.

3.1. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС

Увеличение водопотребления затрагивает интересы многих отраслей промышленности, изменяя вековые сложившиеся связи в природе, вторгаясь в сложившиеся природные круговороты: гидрологический, кислорода и углерода, естественный цикл азота. Поэтому водохозяйственный комплекс рассматривают как сложную водохозяйственную систему, функционирующую на основе научно обоснованных долгосрочных прогнозов в отношении требований, предъявляемых различными отраслями народного хозяйства к количеству и качеству воды.

В структуру водохозяйственного комплекса входят: водоснабжение, водоотведение, гидротехнические мелиорации, гидроэнергетика, водный транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, здравоохранение, водные рекреации и др. В гидротехнические мелиорации входят оросительные и осушительные работы, осуществление мероприятий по борьбе с вредным воздействием вод: защита от наводнений, борьба с водной эрозией, селявыми потоками, оползнями и разрушением берегов, а также с заболачиванием и засолением почв.

Требования, предъявляемые к водохозяйственному комплексу:

- рациональное обеспечение потребителей водой в достаточном количестве и соответствующего качества;
- сохранение природных условий и гарантии охраны воды от загрязнения, засорения и истощения; обеспечение наибольшего народнохозяйственного экономического эффекта;
- гарантии простой и надежной работы.

Государственная и хозяйственная деятельность водохозяйственных комплексов в РФ осуществляется в соответствии с Водным кодексом РФ.

Рациональное использование и охрана вод зависит от эффективности государственного управления, которое построено по бассейновому принципу, затрагивающему интересы краев, областей, районов, городов.

Государственный контроль играет важную роль для рационального, комплексного использования водных ресурсов, охраны вод от засорения и истощения, предупреждения и ликвидации вредного воздействия вод.

Государственный учет поверхностных и подземных вод, представляющий собой систематическое определение и фиксацию в установленном порядке количества и качества водных ресурсов, имеющих на данной территории, базируется на утвержденных положениях об учете водных ресурсов и входит одной из основных частей в Государственный водный кадастр РФ.

Прогнозирование использования вод представляет собой систему, включающую основные положения Государственного водного кадастра РФ и водобалансовые схемы комплексного использования и охраны вод.

Водохозяйственные балансы позволяют комплексно использовать водные ресурсы и прогнозировать масштабы развития и размещения производительных сил и т. п.

При обосновании параметров водохозяйственного комплекса (ВХК) учитывают три связанные между собой части: природную, экономическую и техническую (рис. 3.1). *Природная часть* обуславливает возможности функционирования и развития ВХК, определяет положительные и отрицательные стороны его влияния на природу. *Экономическая* учитывает интересы отраслей народного хозяйства и отдельных водопользователей. Цель ее состоит в достижении наибольшего экономического эффекта при функционировании ВХК и минимизации ущерба при вредном воздействии развития народного хозяйства на водные ресурсы. *Техническая* определяет систему взаимосвязанных технических решений по возведению и эксплуатации сооружений и оборудования, обеспечивающих эффективную работу элементов системы ВХК в конкретных местных условиях.

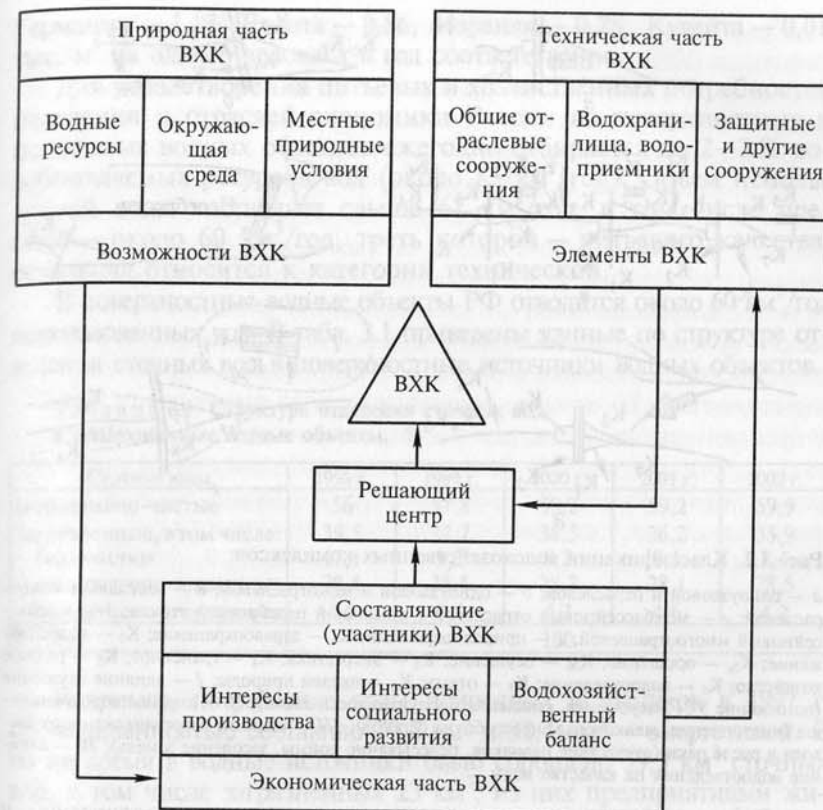


Рис. 3.1. Схема формирования водохозяйственного комплекса

Классификация водохозяйственных комплексов показана на рис. 3.2. Государственный ВХК решает водохозяйственные проблемы в масштабах развития государства на основе политических и социальных аспектов.

Зональные ВХК призваны к решению водохозяйственных проблем в экономическом районе при наиболее полном и эффективном использовании его возможностей.

Примерами комплексного использования многих рек РФ служат ВХК Волги, Дона, Иртыша и других рек в крупных бассейнах. По всем бассейнам крупных рек составлены схемы комплексного использования водных и земельных ресурсов.

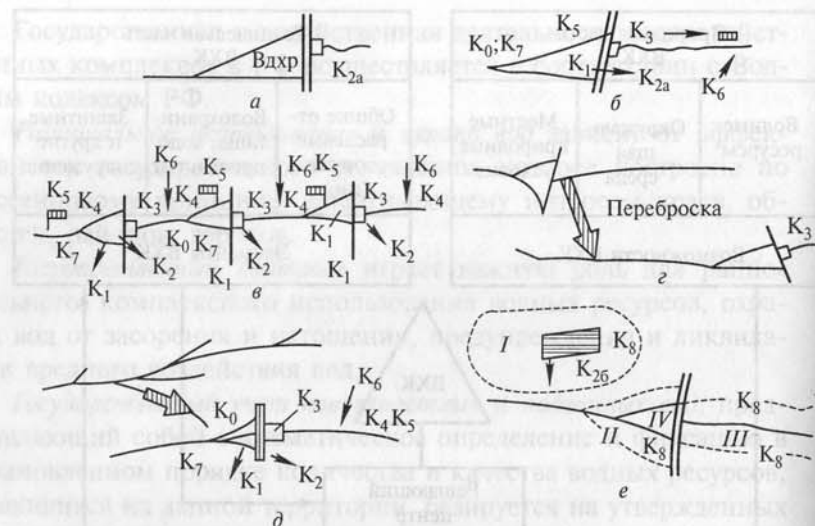


Рис. 3.2. Классификация водохозяйственных комплексов:

а — одноузловой и отраслевой; б — одноузловой и межотраслевой; в — каскадный межотраслевой; г — межбассейновый отраслевой с локальной переброской стоков; д — межбассейновый многоотраслевой; е — природоохранный; K_0 — здравоохранение; K_1 — водоснабжение; K_{2a} — орошение; $K_{2б}$ — осушение; K_3 — энергетика; K_4 — транспорт; K_5 — рыбное хозяйство; K_6 — водоотведение; K_7 — отдых; K_8 — охрана природы; I — влияние осушения (понижение УВГ, пересушка, снижение продуктивности лесов); II — влияние водохранилища (подтопление, мелководья, переработка берегов); III — влияние зарегулированного расхода в русле реки (отсутствие паводков, пересыхание поймы, засоление земель); IV — влияние водоотведения на качество воды

Водоохраным комплексом называют систему сооружений и устройств для поддержания требуемого количества и качества воды в рассматриваемых створах или пунктах водных объектов.

3.2. ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Водообеспеченность России возобновляемыми ресурсами вод в целом достаточно высока — 31 тыс. м³ на одного человека в год при среднемировом показателе водообеспеченности около 7 и санитарном минимуме — 1,7 тыс. м³ на человека в год соответственно. Она уступает аналогичным показателям лишь некоторых стран мира, в частности Канады — 95 и Бразилии — 48, но значительно превосходит водообеспеченность стран СНГ, в частности Казахстана — 6,8, Беларуси — 5,7, Украины — 2,8, Узбекистана — 2,0, а также многих развитых и развивающихся стран мира, в том числе

Германии — 1,13, Египта — 0,86, Израиля — 0,28, Кувейта — 0,01 тыс. м³ на одного человека в год соответственно.

Для удовлетворения питьевых и хозяйственных потребностей населения и отраслей экономики России из поверхностных и подземных водных объектов ежегодно отбирается до 2—3 % возобновляемых ресурсов вод (около 85 км³/год). Объем используемой воды составляет свыше 67 км³/год, в том числе пресной — около 60 км³/год, треть которой — питьевого качества, остальная относится к категории технической.

В поверхностные водные объекты РФ отводится около 60 км³/год использованных вод. В табл. 3.1 приведены данные по структуре отведения сточных вод в поверхностные источники водных объектов.

Таблица 3.1. Структура отведения сточных вод в поверхностные водные объекты, %

Сточные воды	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.
Нормативно-чистые	56	57,8	59,2	59,2	59,9
Загрязненные, в том числе:	39,5	37,7	36,5	36,2	35,9
без очистки	11,1	9,2	8,2	8,1	7,4
недостаточно очищенные	28,4	28,5	28,3	28,1	28,5
нормативно-очищенные	4,5	4,5	4,3	4,6	4,2
Всего	100				

Например, потребление воды природных источников в 1997 г. промышленностью составило 70,2 км³ и 38,4 км³ — энергетикой. В то же время в водные источники было сброшено 59,3 км³ сточных вод, в том числе загрязненных 23 км³, из них предприятиями жилищно-коммунального хозяйства 52 % и промышленностью 32 %.

В современных условиях необходимо уделять серьезное внимание вопросам рационального и комплексного водопользования промышленностью, в особенности очистке и повторному, оборотному использованию сточных вод в производстве. Эти вопросы следует рассматривать неотрывно от основных технологических процессов промышленного производства с учетом требований ВХК. Сложность систем водообеспечения промышленных предприятий определяется не только многофакторностью, взаимозависимостью их, но и особенностями многократного использования воды в технологических процессах, разнообразием схем водоотведения и регенерации сточных вод, извлечения ценных компонентов из очищаемых вод, значительными затратами на строительство систем водоснабжения и водоотведения.

Объем воды, используемый в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, в 2003 г. несколько вырос и составил 134 км³.

Суммарные мощности очистных сооружений в целом по России на 2003 г. составляют 32 км³/год, что на 9 км³ превышает объем сточных вод, требующих очистки. Однако в целом до нормативного уровня очищаются лишь около 10 % отводимых вод, нуждающихся в очистке.

Водопользование в промышленности. Вода в промышленности используется как *сырье* при получении различных продуктов, таких, как кислоты, спирты и т. д.; в качестве *разбавителя* и *растворителя* используется при выщелачивании и кристаллизации. Вода является *теплоносителем* или *охладителем* в различных технологических процессах; служит *рабочей средой* в гидравлических устройствах; является *моющим средством* при промывке сырья, тары, готовых изделий. На каждом предприятии вода используется также в непромышленных целях: для удовлетворения потребностей персонала, противопожарной безопасности, обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий и т. д. Расход воды для промышленного предприятия определяют в зависимости от удельного расходования воды (на единицу промышленной продукции) и мощности предприятия. Удельное водопотребление в значительной мере зависит от технологической схемы производства, системы промышленного водоснабжения, климатических условий и ряда других факторов.

Удельное водопотребление (м³/т продукции)
в отдельных отраслях промышленности

Чугун	160—200
Сталь	150
Никель	4000
Медь	500
Синтетический каучук	2000—3500
Синтетическое волокно	2500—5000
Нефть-сырец (переработка)	30—40
Азотные удобрения	600
Бумага	400—800

Для составления схем комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов рек, отдельных районов используют укрупненные нормы водопотребления и водоотведения на единицу продукции.

Системы производственного водоснабжения. Для крупных промышленных объектов требуется большое количество воды и водных ресурсов часто оказывается недостаточным. Место расположения предприятий диктуется источниками сырья или месторождением полезных ископаемых, используемых непосредст-

венно в производстве. При выборе места строительства нового предприятия всегда необходимо произвести технико-экономический расчет в сравнении с другими вариантами выбора наиболее дешевого транспортирования сырья либо водных ресурсов.

При выборе площадки под строительство промышленного объекта следует учитывать его возможное влияние на природные водоемы. Без такого предварительного анализа может возникнуть сложная ситуация, подобная ситуации с построенным целлюлозно-бумажным комбинатом (ЦБК) на берегу озера Байкал. Сточные воды комбината после очистки сбрасывались в озеро и ухудшали качество воды, изменяя флору и фауну уникального водного объекта. Поэтому специалисты должны были решать альтернативные, значительно удорожающие варианты: либо транспортировка сточных вод на дальние расстояния, либо перепрофилирование производства этого завода.

Дефицит водных ресурсов и необходимость резкого уменьшения стоков обуславливают необходимость широкого применения в производстве оборотного водоснабжения и повторного использования воды. Рационализацию использования природной воды в производстве может в ряде случаев обеспечить создание полностью замкнутых циклов водооборота.

Важное значение имеет обеспечение достаточной надежности систем производственного водоснабжения. Ряд производств не допускает не только перерыва в подаче воды, но и всякого ее снижения. Нарушение установленного режима подачи воды может привести к серьезным аварийным ситуациям, которые влияют на производство и качество выпускаемой продукции.

В промышленном водоснабжении используются прямоточные, оборотные, последовательные и смешанные схемы использования воды (рис. 3.3). В большинстве производств создают системы оборотного водоснабжения (рис. 3.4).

Поскольку часть воды (не более 2...5 %) безвозвратно теряется, ее количество периодически пополняют «свежей» водой. Применение оборотного водоснабжения в промышленности дает существенную экономию природной воды. Такие системы успешно функционируют в маловодных областях Урала. Объем водооборота на промышленном предприятии определяется в результате анализа технико-экономических и экологических показателей.

Экономия «свежей» воды достигается также при использовании эффективных схем промышленного водоснабжения с повторным использованием воды. *Повторное использование воды* представляет собой забор возвратных вод (в том числе без до-

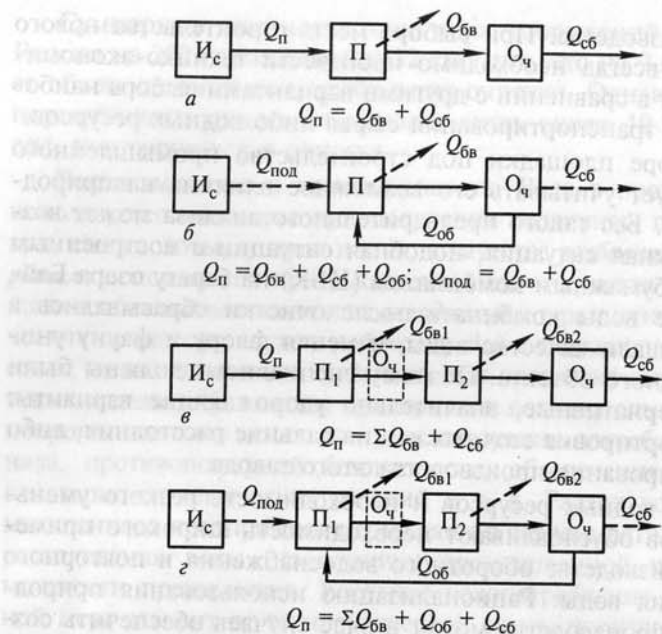


Рис 3.3. Схемы использования воды в промышленности:

a — прямоточная; *б* — оборотная; *в* — повторная; *г* — комбинированная; Q_n — полное водопотребление; $Q_{под}$ — подпитка; $Q_{бв}$ — безвозвратное водопотребление; $Q_{об}$ — оборотные воды; $Q_{сб}$ — отводимые воды в водоем; I_c — источник воды; П, П₁, П₂ — потребители воды; О_ч — сооружения по очистке воды

полнительной очистки или обработки) для технологических целей, орошения, обводнения, водоснабжения и других нужд.

Системы водоснабжения рекомендуется создавать с *оборотом воды или в виде замкнутых циклов для отдельных цехов*. На промышленном предприятии следует предусматривать строительство локальных очистных сооружений для очистки стоков, охлаждения оборотной воды, обработки и повторного использования сточных вод. Последовательное и прямоточное использование воды на производственные нужды со сбросом очищенных сточных вод в водоем допускается только при невозможности или нецелесообразности применения ее в системе оборотного водоснабжения.

Эффективность использования водных ресурсов как при создании территориально-производственного комплекса, так и при развитии народного хозяйства характеризуют следующие критерии: удельная норма потребления воды для создания единицы продукции; потребление свежей воды; количество воды, находящейся в обороте; количество сточных вод, поступающих в вод-

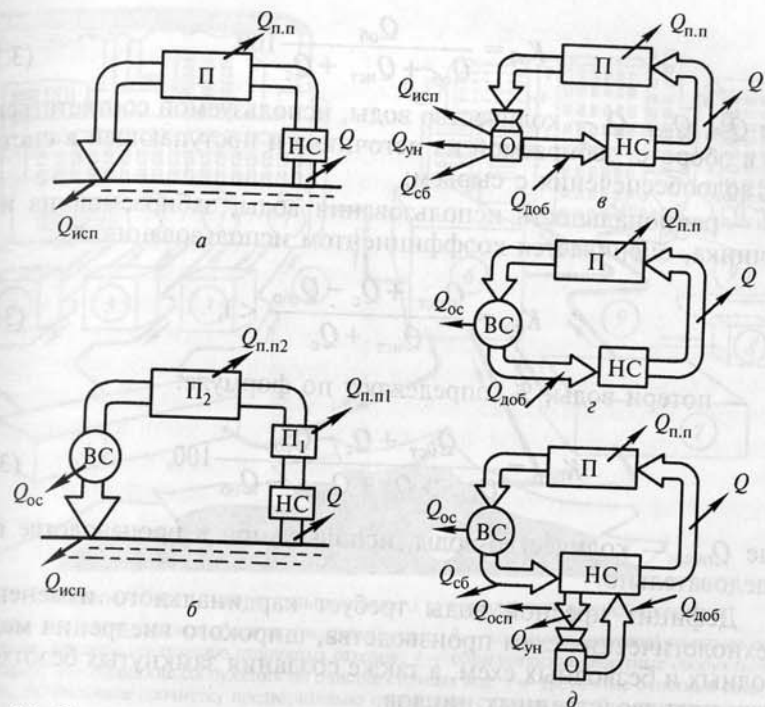


Рис. 3.4. Системы промышленного водоснабжения:

a — прямоточная; *б* — прямоточная с последовательным использованием воды; *в* — охлаждающая система оборотного водоснабжения; *г* — технологическая система оборотного водоснабжения; П, П₁, П₂ — производство; НС — насосная станция; ВС — сооружения по очистке воды из источника и сточной воды; О — охладитель; Q — полный расход воды; $Q_{н.п}$ — расход воды при испарении; $Q_{ун}$ — расход при уносе воды; $Q_{об}$ — расход сбросных вод; $Q_{доб}$ — расход добавляемый (свежей) воды; $Q_{ос}$ — расход воды на собственные нужды очистных сооружений

ные объекты; условное количество загрязнений в сбрасываемых стоках; возврат сточных вод в производство; воздействие водоохозяйственного комплекса на окружающую природную среду; рекреационный потенциал водного объекта; продуктивность рыбохозяйственного комплекса; уровень перевозок водным транспортом; защита объектов от антропогенной деятельности; технологическая, социологическая и экономическая эффективность и др.

Эффективность использования воды на промышленных предприятиях оценивается тремя показателями:

— техническое совершенство системы водообеспечения оценивается количеством использования оборотной воды $P_{об}$, %:

$$K_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{ист} + Q_c} 100, \quad (3.1)$$

где $Q_{об}$, $Q_{ист}$, Q_c — количество воды, используемой соответственно в обороте, забираемой из источника и поступающей в систему водообеспечения с сырьем;

— рациональность использования воды, забираемой из источника, оценивается коэффициентом использования $K_{ис}$:

$$K_{ис} = \frac{Q_{ист} + Q_c - Q_{сбр}}{Q_{ист} + Q_c} < 1; \quad (3.2)$$

— потери воды, %, определяют по формуле:

$$K_{пот} = \frac{Q_{ист} + Q_c - Q_{сбр}}{Q_{ист} + Q_c + Q_{посл} - Q_{об}} 100, \quad (3.3)$$

где $Q_{посл}$ — количество воды, используемой в производстве последовательно.

Дефицит пресной воды требует кардинального изменения технологических схем производства, широкого внедрения мало-водных и безводных схем, а также создания замкнутых безотходных производственных циклов.

Наиболее характерная схема водоснабжения промышленного узла показана на рис. 3.5.

В основе рационального использования водных ресурсов лежит технико-экономическое обоснование территориально-промышленного комплекса, которое проводится в направлении создания эффективной структуры производства основных видов продукции, охраны окружающей среды, комплексного использования водных ресурсов.

Рациональное использование водных ресурсов на промышленном предприятии характеризуют следующие факторы:

- объем применения безводных технологий производства;
- размещение производств, обеспечивающее последовательное многократное использование воды в технологических процессах;
- уровень совершенства локальной очистки сточных вод;
- разделение водохозяйственной системы на группы локальных замкнутых систем технического водоснабжения, позволяющих осуществлять очистку сточных вод в соответствии с требованиями оборотного водоснабжения, включая санитарно-гигиенические и технологические показатели;

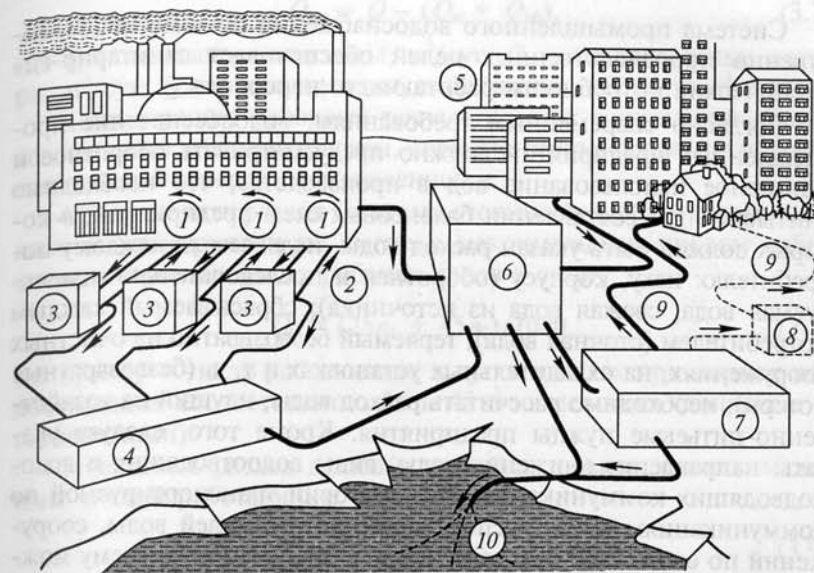


Рис. 3.5. Схемы оборотного промышленного и городского водоснабжения:

1 — цех; 2 — внутрицеховое оборотное водоснабжение; 3 — локальное (цеховое) очистное сооружение, включая утилизацию вторичных отходов; 4 — общезаводские очистные сооружения; 5 — город; 6 — городские сооружения по очистке сточных вод; 7 — третичные очистные сооружения, включающие доочистку предварительно очищенных сточных вод; 8 — закачка очищенных сточных вод в подземные источники; 9 — подача очищенных вод в городскую систему водоснабжения; 10 — рассеивающий выпуск очищенных сточных вод в водоем

— оптимизация процессов водообеспечения и водоочистки (подача и распределение воды для технологических операций производства, регенерация отработанных растворов, извлечение из сточных вод и утилизация ценных продуктов из отходов производства, создание локальных систем оборотного водоснабжения, обработка оборотной воды, обезвреживание осадков и их утилизация и др.);

— полнота использования водных ресурсов промышленного узла, включающего применение сточных вод города и промышленных предприятий на сельскохозяйственных полях орошения и других объектах.

Промышленный узел — группа взаимосвязанных промышленных предприятий на определенной территории. Использует трудовые, сырьевые и другие ресурсы, транспортные сооружения, инженерные коммуникации, строительную базу данной территории. Он может быть ограничен одним городом либо представляет систему городов вместе с окружающими их рабочими поселками. Узел представляет собой часть территориально-производственного комплекса.

Система промышленного водоснабжения помимо непосредственно производственных целей обеспечивает санитарно-гигиенические потребности работающего персонала.

Согласно современным требованиям, водообеспечение промышленных предприятий должно предусматривать оборотное и повторное использование вод в производстве, что необходимо учитывать при составлении балансовых схем предприятий, в которых должен быть указан расход воды, подаваемый каждому потребителю: цеху, корпусу (оборотная и последовательно используемая вода, свежая вода из источника); сбрасываемый каждым потребителем (сточная вода), теряемый безвозвратно на очистных сооружениях, на охладительных установках и т. д. (безвозвратные потери); необходимо рассчитать расход воды, идущий на хозяйственно-питьевые нужды предприятия. Кроме того, следует указать: направление движения воды, виды водоотводящих и водо-подводящих коммуникаций или категории транспортируемой по коммуникациям воды, расположение потребителей воды, сооружений по ее охлаждению, очистке и т. д. Балансовую схему можно представить либо в абсолютных количествах циркулирующих вод за единицу времени ($\text{м}^3/\text{сут}$, $\text{м}^3/\text{ч}$), либо в удельных расходах воды на единицу продукции или потребляемого сырья ($\text{м}^3/\text{т}$).

Порядок расчета балансовых схем расходования воды следующий:

1. Определить полный расход воды Q ($\text{м}^3/\text{сут}$) на промышленном предприятии:

$$Q = q_{\text{уд}} M, \quad (3.4)$$

где $q_{\text{уд}}$ — удельная норма водопотребления, $\text{м}^3/\text{т}$; M — производительность предприятия по основному продукту, $\text{т}/\text{сут}$.

2. Определить безвозвратные потери $Q_{\text{п}}$ ($\text{м}^3/\text{сут}$) с учетом коэффициента γ_1 :

$$Q_{\text{п}} = \gamma_1 Q, \quad (3.5)$$

где γ_1 — процент безвозвратных потерь;

количество условно чистых вод, подлежащих обороту, $Q_{\text{об}}$ ($\text{м}^3/\text{сут}$) с учетом коэффициента γ_2 :

$$Q_{\text{об}} = \gamma_2 Q, \quad (3.6)$$

где γ_2 — процент оборотной воды.

3. Определить расход производственных сточных вод $Q_{\text{пр}}$ ($\text{м}^3/\text{сут}$):

$$Q_{\text{пр}} = Q - (Q_{\text{п}} + Q_{\text{об}}), \quad (3.7)$$

где Q — полный расход воды, $\text{м}^3/\text{сут}$; $Q_{\text{п}}$ — безвозвратные потери, $\text{м}^3/\text{сут}$; $Q_{\text{об}}$ — чистые воды, подлежащие обороту, $\text{м}^3/\text{сут}$.

Концентрацию основных технологических загрязнений производственного стока определяем, согласно рекомендациям для соответствующей отрасли промышленности.

4. Определить расход бытовых сточных вод ($Q_{\text{и}}$) на промышленном предприятии по смене с максимальным числом работающих с учетом числа рабочих часов в смену:

$$Q_{\text{и}} = (25n_1 + 45n_2)/1000, \quad (3.8)$$

где n_1 и n_2 — число работающих в сутки в цехах при нормах водоотведения соответственно 25 и 45 л на человека (холодные и горячие цехи).

Определить расход душевых вод $Q_{\text{душ}}$ в смену с максимальным числом работающих:

$$Q_{\text{душ}} = (500m_{\text{д}} \cdot 45)/(1000 \cdot 60) = 0,375m_{\text{д}}, \quad (3.9)$$

где $m_{\text{д}}$ — число душевых сеток.

5. Определить расход воды $Q_{\text{пол}}$ ($\text{л}/\text{сут}$) на поливку территории промышленных предприятий:

$$W_{\text{пол}} = m \cdot 0,4 \cdot W, \quad (3.10)$$

где m — количество поливок; 0,4 — расход воды на одну поливку, $\text{л}/\text{м}^2$; W — площадь предприятия, подлежащая поливке, м^2 .

6. Определить расход воды на хозяйственно-бытовые нужды предприятия $Q_{\text{хб}}$ ($\text{м}^3/\text{сут}$):

$$Q_{\text{хб}} = Q_{\text{и}} + Q_{\text{душ}} + Q_{\text{пол}}. \quad (3.11)$$

7. Определить расход сточных вод, подлежащих очистке $Q_{\text{см}}$ ($\text{м}^3/\text{сут}$):

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{хб}}^* + Q_{\text{хб}}^3 + Q_{\text{пр}}. \quad (3.12)$$

Помимо воды, требуемой на производственные и бытовые нужды предприятия, необходимо учитывать объем воды, требуемый на пожаротушение. В зависимости от объема и огнестойкости здания и пожарной категории производства противопожарные расходы воды для наружного пожаротушения составляют от 10 до 80 л/с, при продолжительности тушения пожара 3 ч. Вместе с этим предусматривают подачу воды для внутреннего пожаротушения от пожарных кранов, которые устанавливаются в производственных и

административных зданиях. На крупных промышленных предприятиях, имеющих производства повышенной взрывоопасности, предусматривают централизованные или автономные системы водоснабжения для подачи воды в стационарные системы противопожарной защиты. Требуемый расход воды для установок изменяется от 30 до 240 л/с. В отдельных случаях расходы воды для стационарных систем противопожарного водоснабжения достигает 700...1000 л/с. В крупных стационарных системах противопожарного водоснабжения используют условно чистую воду промышленного предприятия либо свежую природную воду.

Водосберегающие мероприятия. Многообразие промышленных производств обуславливает разнообразие водосберегающих мероприятий (рис. 3.6), позволяющих сократить удельный расход воды (на единицу выпускаемой продукции) и расход свежей воды.

Первоначальным этапом разработки рациональных систем водообеспечения промышленных предприятий является совершенствование маловодных технологий производств. Вода на предприятии используется на различные цели. Из всего многообразия функций использования водных ресурсов в промышленных технологиях наибольшее количество воды используется в качестве хладагента (70 %), экстрагента (15...20 %), транспор-



Рис. 3.6. Структура водосберегающих мероприятий

тирующего агента (10...15 %). Водосберегающие мероприятия разрабатывают в зависимости от функционального использования воды. Замена водяного охлаждения воздушным, применение систем и сооружений сухой очистки газов и воздуха аспирационных систем от пыли, испарительного и форсуночного охлаждения, противоточно-каскадных систем промывки, пневмогидравлических систем транспортирования и другие технические решения позволяют сократить удельное потребление воды в среднем на 20...30 %. Большое значение для этого имеет развитие систем автоматического контроля и управления процесса водопотребления, укрупнения единичных мощностей и агрегатов, борьба с потерями и утечками, за счет которых может быть на 10...15 % сокращено потребление воды.

Потребление воды из природных источников можно сократить в результате многократного ее использования в промышленности и привлечения очищенных или частично очищенных сточных вод. При применении сточных вод требования к качеству используемой воды по существу определяют необходимую степень очистки и, следовательно, обуславливают затраты на их подготовку.

Наличие химического и микробиологического загрязнения в сточных водах определяет необходимость обоснования санитарно-гигиенических требований, исключающих неблагоприятное влияние этих факторов на состояние окружающей среды и здоровье человека.

При решении проблемы целесообразности создания систем водообеспечения промышленных предприятий с многократным использованием воды в технологических процессах важнейшее значение имеет установление закономерностей формирования ее состава и свойств. Возможность прогнозирования состава позволит определить условия использования воды, обеспечивающие технологические и санитарно-гигиенические требования к ее свойствам, и разработать комплекс управления системой многократного использования воды в технологических процессах.

Одним из эффективных водосберегающих мероприятий в промышленности является внедрение оборотных систем водоснабжения, которые позволяют существенно снизить забор свежей воды и сократить сброс отработанных вод в водоемы. При создании этих систем необходимо учитывать не только техническую и экономическую стороны проблемы, но и экологическую.

Технический аспект проблемы интенсификации работы охлаждающих систем оборотного водоснабжения заключается

в надежном предотвращении солевых и механических отложений, коррозии и биологических обрастаний. Среди экологических аспектов при внедрении этих систем особенно важно учитывать вынос капельной влаги из градирни и сброс части оборотной воды из системы. Количество загрязнений, выносимых из оборотной системы, зависит от режима ее работы. С увеличением коэффициента упаривания общее количество выносимых загрязнений сокращается. При этом вынос загрязнений с капельной влагой увеличивается пропорционально этому коэффициенту, а количество загрязнений, выносимых из оборотной системы продувочной водой, уменьшается. В экстремальных условиях, при беспродувочном режиме, влияние оборотной системы на окружающую среду проявляется в виде рассредоточенного выноса загрязнений в атмосферу посредством капельной влаги. Вынос капельной влаги регламентируется безопасным уровнем воздействия, а количество загрязнений, отводимых продувочной водой, — соответствующими нормативами в зависимости от принятой схемы ее водоотведения.

Рассмотрение всей совокупности технических и экологических аспектов указывает на необходимость комплексного рассмотрения проблемы интенсификации работы оборотных систем.

Потери воды из системы оборотного водоснабжения складываются из безвозвратных потерь — уноса с продуктом или отходами; расходов на полив полов, проездов, насаждений; испарений в охладителе оборотной воды; естественного испарения с водной поверхности; транспирации растительностью водоема; фильтрации из системы водоснабжения в почву; сброса воды в водоемы для освежения оборотной воды (продувка); сброса сточных вод в водоем.

Поступление воды в систему оборотного водоснабжения происходит с исходным сырьем и полуфабрикатами; вспомогательными веществами; атмосферными осадками; из шахтного или рудничного водоотлива; при подземной инфильтрации; из источника водоснабжения и систем водоотведения, когда сточные воды повторно используются в производстве.

Качество воды в производстве устанавливается в зависимости от требований технологического процесса.

Вода, используемая в производстве, должна быть безвредной для здоровья человека при контакте с ней и не должна обладать

отрицательными органолептическими свойствами при открытой системе водоснабжения.

Используемая для охлаждения жидких и конденсации газобразных продуктов в теплообменных аппаратах и для охлаждения оборудования, вода не должна создавать механических и солевых отложений, коррозии металла и биологических обрастаний теплообменного оборудования, разрушать конструктивные материалы сооружений систем водоснабжения. Особенно это относится к открытым охлаждающим системам оборотного водоснабжения.

В процессе многократного использования воды ухудшается ее качество. Механические грубодисперсные примеси, попадающие в систему оборотного водоснабжения, могут циркулировать в ней и частично осажаться. Основным источником загрязнения грубодисперсными примесями является вода поверхностных источников, поступающая для восполнения потерь в системе.

Для удаления грубодисперсных примесей из воды, поступающей для подпитки системы, применяют отстойники, осветлители, фильтры с песчаной загрузкой. Для вывода из оборотной системы взвешенных веществ применяют сетчатые или напорные песчаные фильтры.

В результате постоянного испарения воды в системах оборотного водоснабжения повышается солесодержание в воде. Соли в оборотной воде подразделяются на хорошо растворимые, не выпадающие в осадок, и на соли, которые из-за недостаточной растворимости или вследствие физико-химических процессов в охлаждающих системах выпадают в осадок и создают отложения.

Основные загрязнители оборотных вод:

Карбонат кальция — наиболее часто встречающийся компонент солевых отложений в системах — выпадает на стенки труб теплообменных аппаратов в результате нарушения углекислотного равновесия. Этот вид отложений является типичным для систем, использующих в качестве добавочной воду со значительной бикарбонатной жесткостью и щелочностью. Отложения образуются в результате распада бикарбоната при дефиците углекислоты в растворе.

Соли магния встречаются реже, хотя образуются в виде гидроксида магния при $\text{pH} = 10$; при большом содержании силикатов — в виде силиката магния. Сульфат кальция также может являться причиной отложений.

Фосфаты могут образовывать нерастворимые соли.

Гидроксиды металлов встречаются в отложениях редко, однако их можно найти в системах охлаждения с высокими значениями pH. Гидроксид железа образуется в результате коррозии и превращается в гидрированную окись железа, или ржавчину.

Многие факторы как физического, так и химического свойства влияют на интенсивность отложения солей. Это прежде всего величина pH, температура воды и особенно температура поверхности труб, находящихся в контакте с водой; интенсивность теплообмена между водой и поверхностью контакта; состав воды; способ ее обработки; конструкции теплообменного оборудования; продолжительность пребывания воды в системе.

Величина pH влияет на растворимость всех солей. От величины pH зависит тенденция кальция образовывать карбонаты: чем выше pH охлаждающей воды, тем заметнее тенденция к образованию отложений из минеральных солей.

У многих солей, выпавших из растворов, особенно у карбоната кальция, растворимость снижается с увеличением температуры. При этом температура поверхности металла труб играет главную роль в скорости отложения. Высокие скорости воды в трубах способствуют предотвращению отложений солей на поверхности контакта.

Коррозия металлов в охлажденной воде появляется в результате наличия растворенного кислорода и углекислоты. Последняя снижает pH воды, вследствие чего происходит воздействие кислоты на металл. Основными физическими факторами, способствующими коррозии, являются температура, контакты различных по потенциалу металлов в водной среде и твердые отложения взвешенных веществ. Твердые отложения в трубопроводах и теплообменных аппаратах образуют области, изолированные от общего потока воды, и коррозия под ними может протекать за счет разного уровня аэрирования воды в основной массе потока и в слое воды под отложениями. В системах оборотного водоснабжения охлаждающая вода обогащается кислородом до полного насыщения. Другими факторами, усиливающими коррозию, являются электропроводность воды и наличие таких растворенных в воде газов, как сернистый ангидрид, аммиак, хлор и др., которые могут попадать в охлаждающую воду из окружающего атмосферного воздуха в градирнях. Среди других причин, усиливающих коррозию, важно отметить отложения продуктов

коррозии на стенках труб, биологические обрастания, а также в некоторых случаях накипи.

В нейтральной или щелочной воде коррозия может начаться в результате разрушения защитной окисной пленки на поверхности металла и разницы потенциалов между чистым металлом и пленкой. В результате происходит электрохимическое разрушение металла. Присутствие кислорода ускоряет этот процесс, и коррозионное воздействие усиливается за счет аэрации воды на градирнях. Биологические обрастания в системах оборотного водоснабжения также могут быть причиной усиления коррозии.

Для предотвращения коррозии применяют неорганические ингибиторы: хроматы, фосфаты, редко силикаты и нитраты. Хорошее защитное действие от коррозии оказывают хроматы в присутствии солей металлов, например серноокислого цинка и фосфатов.

Биологические обрастания в системах оборотного водоснабжения свидетельствуют об интенсивном росте и развитии различных форм бактерий, грибов и водорослей. Эта интенсификация происходит в результате того, что в оборотных системах по сравнению с водой в источнике существуют более оптимальные температурные условия для указанных организмов и более высокие концентрации питательных веществ для них. Кроме того, в оборотную воду в значительных количествах могут попадать бактерии из воздуха. Бактериальные и грибковые биологические обрастания, как правило, наблюдаются в теплообменных аппаратах; обрастания водорослями — в градирнях.

Для предупреждения развития бактериальных биологических обрастаний в теплообменных аппаратах, а также в трубопроводах рекомендуется периодически 3—4 раза в сутки применять хлорирование воды, продолжительностью каждого периода 40...60 мин. Доза хлора должна обеспечивать содержание остаточного активного хлора в оборотной воде после прохождения в наиболее удаленных теплообменных аппаратах от места ввода хлора не менее 1 мг/л в течение 30...40 мин. Величина дозы хлора, на которую рассчитываются хлораторы, должно быть не менее 5 мг/л.

Для удаления биологических обрастаний, а также механических отложений в закрытых теплообменных аппаратах при необходимости можно предусмотреть устройство для периодической гидропневматической промывки аппаратов.

Требования к качеству воды каждой категории могут быть различными и определяются в зависимости от характера производства.

Водоотводящие системы промышленных предприятий. На различных промышленных предприятиях состав производственных сточных вод, режим водоотведения и удельный расход на единицу выпускаемой продукции весьма разнообразны. Учитывая необходимость создания оборотных или замкнутых систем водообеспечения, выбор схемы водоотведения является сложной инженерной задачей, решаемой совместными усилиями технологов производства и специалистов по водоподготовке. В основе выбора схемы водоотведения лежат балансовая схема, физико-химические характеристики сточных вод, требования к качеству используемой воды, а также технико-экономические показатели вариантов компоновки схем водоотводящих систем и сооружений.

Для создания системы водообеспечения промышленного предприятия рекомендуют составлять баланс по воде, расчет которого был подробно описан выше.

Физико-химические показатели производственных сточных вод отдельных предприятий характеризуются широким диапазоном колебаний состава вод, что приводит к большим сложностям при выборе наилучшего метода очистки. Так, например, для сточных вод металлургического комбината характерны плотный остаток — 600 мг/л, взвешенные вещества — 500 мг/л, ХПК — 50 мг/л, pH = 8; фабрики первичной переработки шерсти: плотный остаток — 33 500 мг/л, взвешенные вещества — 28 000 мг/л, ХПК — 44 000 мг/л, БПК_{полн} — 17 800 мг/л, pH = 9,5.

Сточные воды, образующиеся в различных технологических процессах, классифицируются по характеристике и концентрации присутствующих в них загрязнений.

В настоящее время около 60 % нормативно очищенных производственных сточных вод проходят биологическую очистку совместно с бытовыми сточными водами на городских или ведомственных сооружениях. При очистке сточных вод в современных условиях необходимо предусматривать различные приспособления по доочистке, в особенности от консервативных органических соединений. Для этих целей применяют чаще всего фильтры с различной загрузкой.

Расход воды и количество сточных вод. Расчетный расход производственных сточных вод, поступающих на очистные сооружения $Q_{\text{сут}}$, м³/сут и $q_{\text{мах}}$, л/с, определяется по следующим формулам:

$$Q_{\text{сут}} = NM; \quad (3.13)$$

$$q_{\text{мах}} = \frac{NM_{\text{мах}}}{T 3,6} K_{\text{ч}}, \quad (3.14)$$

где N — норма водоотведения на единицу продукции или перерабатываемого сырья с учетом водооборота, м³; M и $M_{\text{мах}}$ — число единиц продукции или перерабатываемого сырья при максимальной выработке соответственно в сутки и в смену; T — число рабочих часов в смену; $K_{\text{ч}}$ — коэффициент часовой неравномерности.

Например, коэффициенты часовой неравномерности общего стока, по данным НИИ ВОДГЕО, для предприятия металлургической промышленности равен 1...1,1; химической — 1,3...1,5; пищевой — 1,5...2 и т. д.

При планировании выпуска продукции всегда должна учитываться потребность в технической воде, а планы развития производства должны быть сбалансированы по водным ресурсам.

Очистка поверхностного стока для использования в техническом водоснабжении. Согласно Рекомендациям по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты, разработанных в ФГУП «НИИ «Водгео», поверхностный сток с селитебных территорий и площадок предприятий является одним из интенсивных источников загрязнения окружающей среды различными примесями природного и техногенного происхождения.

Степень и характер загрязнения поверхностного стока зависят от санитарного состояния бассейна водосбора и приземной атмосферы, уровня благоустройства территории, а также гидрометеорологических параметров выпавших осадков: интенсивности и продолжительности дождей, интенсивности процесса весеннего снеготаяния, продолжительности предшествующего периода сухой погоды.

Удельный вынос естественных примесей с дождевым стоком с селитебных территорий больших городов при плотности населения, близкой к 100 чел./га, а также средних и малых городов с современным уровнем благоустройства для укрупненных расчетов можно принять по данным табл. 3.2. Для малых и средних городов со старой малоэтажной застройкой и недостаточным уровнем благоустройства удельный вынос взвешенных веществ следует принимать на 20 % больше по сравнению с данными табл. 3.2.

По остальным показателям для малых, средних и крупных городов, селитебная плотность которых значительно отличается от величины 100 чел./га, следует вводить поправочный коэффициент, равный $P/100$, где P — селитебная плотность населения рассматриваемого объекта.

Таблица 3.2. Удельный вынос загрязняющих компонентов с дождевым стоком

Загрязняющие компоненты	Удельный вынос в год, кг/га
Взвешенные вещества	2500
Органические вещества по показателям: ХПК	1000
БПК	140
Нефтепродукты	40
Биогенные элементы: соединения азота	6
соединения фосфора	1,5
Минеральные соли	400

Примерный состав поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей селитебных территорий приведен в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Примерный состав поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей селитебных территорий

Площадь стока	Дождевой сток			Талый сток		
	Взвешенные вещества, мг/дм ³	БПК ₂₀ , мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³	Взвешенные вещества, мг/дм ³	БПК ₂₀ , мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
Участки селитебной территории с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий (центральная часть города с административными зданиями, торговыми и учебными центрами)	400	40	8	2000	70	20
Современная жилая застройка	650	60	12	2500	100	20
Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	1000	80	20	3000	120	25

Окончание табл. 3.3

Площадь стока	Дождевой сток			Талый сток		
	Взвешенные вещества, мг/дм ³	БПК ₂₀ , мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³	Взвешенные вещества, мг/дм ³	БПК ₂₀ , мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
Территории, прилегающие к промышленным предприятиям	2000	90	18	4000	150	25
Кровли зданий и сооружений	< 20	< 10	0,01...0,7	< 20	< 10	0,01...0,7
Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения	300	60	< 1	1500	100	< 1

При отсутствии данных анализа концентраций загрязняющих веществ расчетную концентрацию можно определить по формуле

$$C_p = C_{cp} \pm \frac{S^2 t_{0,9}}{\sqrt{n}},$$

где C_p — расчетная концентрация загрязняющего вещества в поверхностном стоке при отведении на очистку, мг/дм³; C_{cp} — среднее арифметическое значение концентрации по используемому ряду наблюдений, мг/дм³; S^2 — среднеквадратичное отклонение,

$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_{cp})^2}{n}$; t — статистический параметр Стьюдента, зависящий от величины выборки, для 90 %-ного уровня доверия; n — количество членов выборки.

Среднегодовой объем поверхностного стока, образующегося на селитебных территориях и промышленных площадках, определяют по формуле

$$W_r = W_d + W_t + W_m,$$

где W_d , W_t , W_m — среднегодовой объем дождевых, талых и поливочных вод, м³.

Среднегодовой объем дождевых и талых вод определяют по формулам:

$$W_d = 10h_d\Psi_d F; W_t = 10h_t\Psi_t F,$$

где F — общая площадь стока, га; h_d — слой осадков за теплый период года, мм, определяется по табл. 2 СНиП 23-01-99;

h_T — слой осадков за холодный период года, мм, определяется по табл. 1 СНиП 23-01-99; Ψ_d , Ψ_T — коэффициенты стока дождевых и талых вод соответственно.

Общий годовой объем поливочных вод, m^3 , определяют по формуле

$$W_m = 10mkF_m\Psi_m.$$

Чрезвычайная нестабильность поверхностного стока и специфичность образования обуславливают сложность изучения его состава. Проведенные до настоящего времени экспериментальные исследования не позволяют с достаточной полнотой характеризовать качественный состав поверхностного стока, особенно образующегося на территориях промышленных предприятий. Несмотря на это, по имеющимся данным можно оценить состав и обосновать схему очистки.

Формирование стока на поверхности водосбора описывается пофрагментно в соответствии с расположениемждеприемников. Каждому фрагменту соответствует своя площадь водосбора и коэффициент стока.

Для очистки поверхностного стока применяют чаще всего механическую очистку, включающую отстаивание, в том числе с применением тонкослойных модулей, и фильтрование на каркасно-засыпных фильтрах. После очистки поверхностный сток возможно использовать в оборотных системах водного охлаждения. Преимуществом его использования является термостабильность и коррозионная активность.

Для очистки и отведения поверхностного стока на промышленных предприятиях рекомендуется: проведение организационно-технических мероприятий по уменьшению количества смываемых примесей; применение раздельных по интенсивности загрязнения систем отведения стока с водосборных площадок; локализация отдельных участков со стоками, содержащими специфические загрязнения; устройство сооружений для усреднения расхода и состава загрязнений стока; частичное или в полном объеме использование поверхностного стока в системах промышленного водоснабжения; обезвреживание стоков перед сбросом в водоем.

Подготовка городских сточных вод к использованию в промышленном водоснабжении. На формирование свойств городских сточных вод основное влияние оказывают состав питьевой воды, по-

требляемой населением, норма водопотребления, а также размер и степень загрязнения производственных сточных вод, сбрасываемых в городскую водоотводящую сеть. Влияние производственных сточных вод на состав городских стоков значительно сокращается по мере введения в действие локальных очистных сооружений.

При повторном использовании городских сточных вод в системах промводоснабжения следует учитывать санитарно-гигиенические нормы.

Один из наиболее распространенных способов доочистки биохимически очищенных сточных вод от взвешенных веществ — метод фильтрования, что позволяет получить фильтрат с содержанием взвешенных веществ не более 3 мг/л и БПК_{пол} 3...6 мг/л.

Перспективным способом доочистки сточных вод от органических соединений является озонирование, позволяющее одновременно со снижением концентрации органических веществ обеззараживать воду от содержащихся в ней бактерий и вирусов, уничтожать запахи и окраску. При малых дозах окисляются вещества с высокой молекулярной массой и выраженной токсичностью. Общее разрушение органического вещества в этом случае не превышает 35 %. При больших дозах озона интенсивно образуются продукты деструкции, при которых величина ХПК и содержание органического углерода в сточной воде практически не меняются. Процесс разрушения органического вещества начинается при 1,5...1,6 мг O_3 на 1 мг содержания органического углерода.

Для достижения требуемых санитарно-гигиенических требований к воде, используемой в закрытых системах, применяют фильтрование и обеззараживание хлором. При повышенном содержании трудноокисляемых веществ в воде эту схему дополняют контактной коагуляцией. Когда в открытых системах промышленного водоснабжения используется часть очищенных вод на станции аэрации, включающей доочистку фильтрованием и хлорированием, на предприятии предусматривают доочистку озонированием. Кроме перечисленных схем, для промышленного водоснабжения применяют сооружения физико-химической очистки (флотаторы, сорберы, ионообменные и ультрафильтрационные аппараты и т.п.), которые также позволяют защитить системы от карбонатных отложений, коррозии и биообрастаний.

Водохозяйственный комплекс промышленного узла. Вопросы комплексного и рационального использования водных ресурсов в водохозяйственном комплексе современного нефтеперерабатывающего завода решаются при условии большого водопотребления и в зависимости от глубины нефтепереработки. Расход технической воды для производственных целей зависит от схемы водоснабжения завода и степени использования в ней оборотной воды, очищенных производственных сточных вод и осадков, выпадающих на территории завода. Принципиальная схема нефтеперерабатывающего завода приведена на рис. 3.7.

Являясь наиболее водоемкой отраслью народного хозяйства, промышленность занимает первое место и по объему сбрасываемых загрязнений в водоемы. Наибольшее количество загрязнений в природные водоисточники вносят предприятия лесобумажной, деревообрабатывающей, химической, нефтехимической и легкой промышленности.

Основными направлениями совершенствования водохозяйственных комплексов промышленных предприятий наряду с внедрением оборотных систем являются повторное использование очищенных сточных вод и создание замкнутых систем водного хозяйства.

Водопользование в теплоэнергетике. Крупным потребителем воды в РФ является энергетика. Свыше 80 % электроэнергии в России вырабатывают тепловые и атомные электростанции. Теплоэнергетика потребляет 170 млн м³ в сутки воды на выработку пара и для охлаждения агрегатов и их отдельных узлов. Почти 50 % воды, забираемой промышленностью из природных водоисточников, потребляет теплоэнергетика.

Основным потребителем воды на тепловой электростанции является конденсатор паровой турбины. Помимо этого имеются мелкие теплообменные аппараты, к которым подводится охлаждающая вода: воздухоохладители или газоохладители генераторов, воздухоохладители питательных электронасосов и возбuditелей генераторов, маслоохладители систем смазки механизмов.

Обмотки электрогенераторов охлаждаются воздухом или газом (водородом), который циркулирует в замкнутом цикле системы вентиляции и охлаждается водой в воздухо- или газоохладителях. Вода, подаваемая в воздухо- или газоохладители, должна иметь температуру не выше 30...33 °С. Поэтому в системах оборотного водоснабжения тепловых электростанций преду-

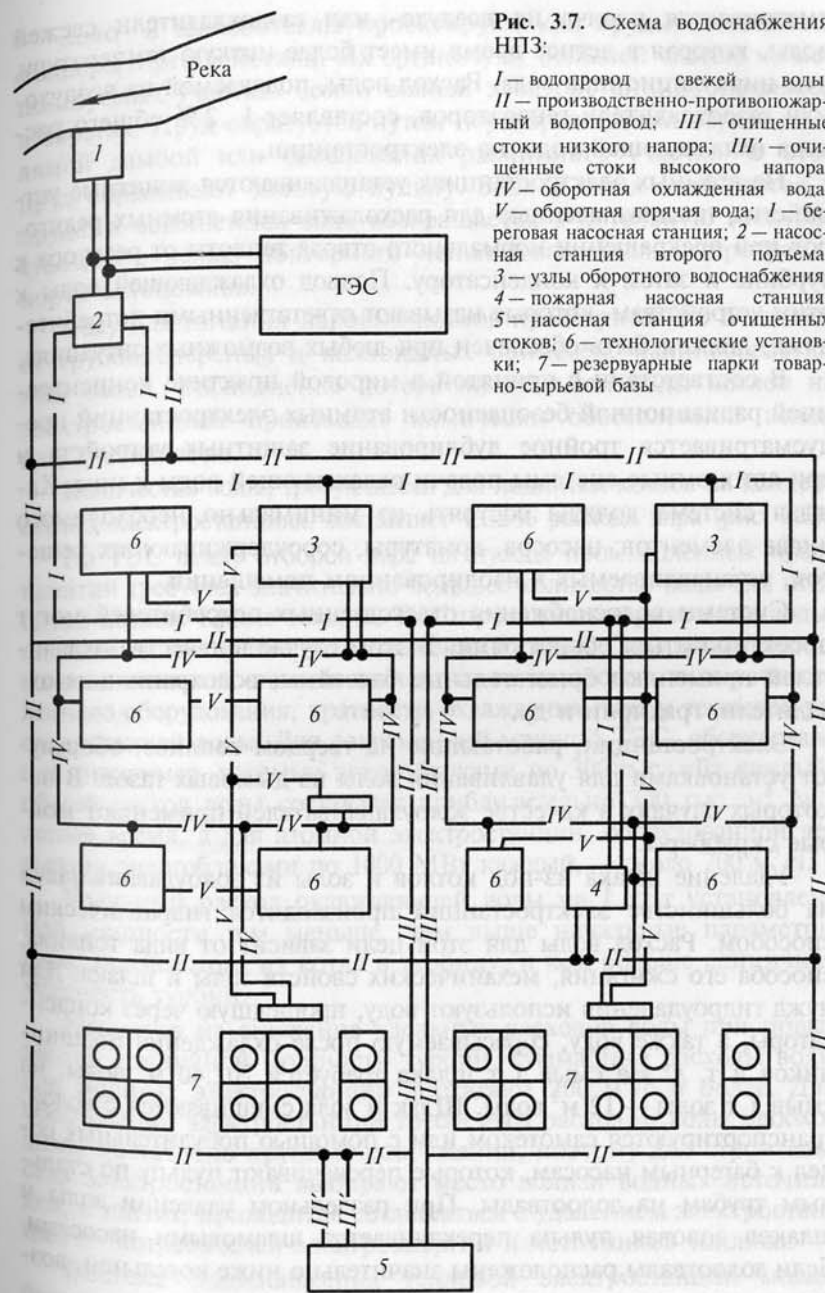


Рис. 3.7. Схема водоснабжения НПЗ:

I — водопровод свежей воды; II — производственно-противопожарный водопровод; III — очищенные стоки низкого напора; III' — очищенные стоки высокого напора; IV — оборотная охлаждающая вода; V — оборотная горячая вода; 1 — береговая насосная станция; 2 — насосная станция второго подъема; 3 — узлы оборотного водоснабжения; 4 — пожарная насосная станция; 5 — насосная станция очищенных стоков; 6 — технологические установки; 7 — резервуарные парки товарно-сырьевой базы

считается подача на воздухо- или газоохладители свежей воды, которая в летнее время имеет более низкую температуру, чем циркуляционная вода. Расход воды, подаваемой на воздухо- или газоохладители генераторов, составляет 1...2 % общего расхода охлаждающей воды на электростанции.

На атомных электростанциях устанавливаются защитные устройства, предназначенные для расхолаживания атомных реакторов при прекращении нормального отвода теплоты от реактора к турбине и затем к конденсатору. Подвод охлаждающей воды к этим устройствам, которые называют ответственными потребителями, должен быть обеспечен при любых возможных ситуациях.

В соответствии с принятой в мировой практике концентрацией радиационной безопасности атомных электростанций предусматривается тройное дублирование защитных устройств и три автономные системы подачи охлаждающей воды к ним. Каждая система должна состоять из минимально необходимого числа элементов: насосов, арматуры, сороудерживающих решеток, устанавливаемых в изолированном помещении.

Системы водоснабжения ответственных потребителей могут проектироваться оборотными. В этом случае в качестве охладителей применяют брызгательные бассейны, водохранилища-охладители, градирни и др.

Электростанции, работающие на твердом топливе, оборудуют установками для улавливания золы из дымовых газов. В некоторых случаях в качестве золоулавливателей применяют мокрые скрубберы.

Удаление шлака из-под котлов и золы из золоулавливателей на большинстве электростанций производится гидравлическим способом. Расход воды для этой цели зависит от вида топлива, способа его сжигания, механических свойств золы и шлака. Для нужд гидроудаления используют воду, прошедшую через конденсаторы, а также воду, сбрасываемую после охлаждения подшипников и т. д. На смыв 1 т шлака требуется 20...40 м³ воды, на смыв 1 т золы — 12 м³ воды. Шлак и зола смешиваются с водой, транспортируются самотеком или с помощью побудительных сопел к багерным насосам, которые перекачивают пульпу по стальным трубам на золоотвалы. При отдельном удалении золы и шлаков золовая пульпа перекачивается шламовыми насосами. Если золоотвалы расположены значительно ниже котельной, возможно транспортирование пульпы к ним самотеком.

Золо- и шлакоотвалы проектируют как пруды-отстойники непрерывного действия. Их организуют большей частью на используемых участках земли вблизи электростанций, например в оврагах. Пруд образуется путем перегораживания оврага земляной дамбой или обвалования равнинного участка. В этот пруд сбрасывают золовую пульпу. Зола и шлак осаждаются в пруде, а осветленная вода возвращается в котельную электростанции с целью повторного использования для гидротранспорта золошлаков.

Воду для питания паровых котлов предварительно очищают от грубодисперсных и коллоидных примесей, накипеобразующих солей. Восполнение потерь питательной воды котлов на электростанциях производят химически обессоленной водой или дистиллятом.

Количество воды, требующееся для подпитки котлов на конденсатных электростанциях, составляет 1...2 % расхода пара (рис. 3.8).

На ТЭС ввиду отборов пара на нужды промышленных предприятий требуется значительно большее количество воды для подпитки котлов. Кроме того, на ТЭС производится умягчение воды, подаваемой на горячее водоснабжение городов. Суммарный расход воды на тепловой станции зависит от ее мощности, типа установленного оборудования, кратности охлаждения пара и температуры охлаждающей воды. Для современной мощной ТЭС, оборудованной, например, восемью энергоблоками по 300 тыс. кВт каждый, общий расход воды составляет приблизительно 300 тыс. м³/ч в летнее время, а для атомной электростанции, оборудованной четырьмя энергоблоками по 1000 МВт каждый, — около 700 м³/ч.

Удельный расход охлаждающей воды на 1 кВт установленной мощности тем меньше, чем выше начальные параметры пара, подаваемого из котла в турбину, и чем больше единичная мощность турбин.

Несмотря на снижение удельных расходов воды при повышении единичной мощности турбин, суммарные расходы воды для мощных электростанций достигают 200 м³/с и более. Для обеспечения электростанций требуемым расходом воды необходимы достаточно крупные сооружения, поэтому для строительства электростанций выбирают место вблизи водных источников, а значит, приходится соглашаться с удалением электростанций от потребителей электроэнергии и источников топлива.

Система водоснабжения тепловой электростанции может быть прямоточной, оборотной или смешанной.

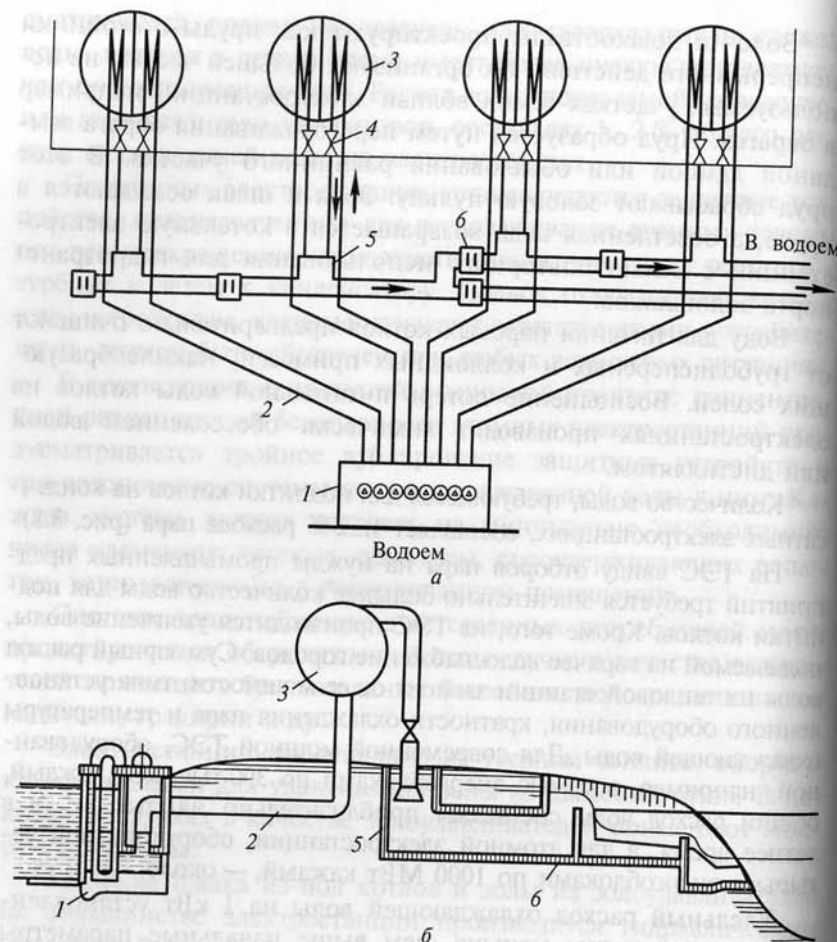


Рис. 3.8. Схема подачи воды в конденсаторы ТЭС:

а — план; б — разрез; 1 — блочная береговая насосная станция; 2 — водонапорный водовод; 3 — конденсатор; 4 — задвижка на сливной линии конденсатора; 5 — сливной колодец; 6 — отводящие каналы

При *прямоточной системе* (рис. 3.9) отработанная теплая вода сбрасывается в водоем на таком расстоянии от водозаборного сооружения, чтобы исключить возможность попадания в него теплой воды. При применении системы *прямоточного водоснабжения* не требуется больших капитальных вложений на строительство и обеспечивается низкая и стабильная температура охлаждающей воды. Однако при этой системе требуются значительные расходы воды, забираемой из источника водоснабжения, поэтому для по-

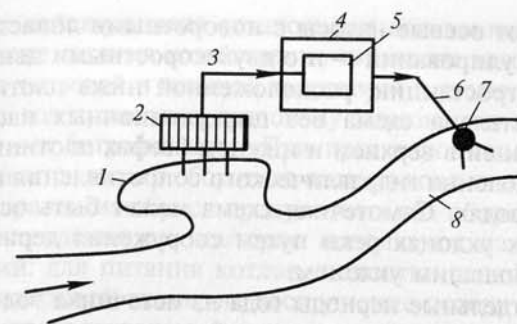


Рис. 3.9. Схема прямоточной системы технического водоснабжения тепловой (атомной) электростанции:

1 — ковш; 2 — насосная станция; 3 — водовод; 4 — здание электростанции; 5 — конденсатор; 6 — канал для отвода нагретой воды; 7 — выпуск; 8 — река

добных решений необходимо использование больших многоводных рек, на которых размещение тепловых электростанций по совокупности технико-экономических показателей оправдывается в редких случаях, и развитие крупной теплоэнергетики в будущем пойдет по пути создания оборотных систем водоснабжения.

Наиболее целесообразной системой оборотного водоснабжения для конденсационной электростанции (КЭС) является система с водохранилищем-охладителем. Однако возрастающая ценность земельных участков и их стоимость все чаще приводят к необходимости использовать для охлаждения вод КЭС градирни.

На ТЭС, располагаемых обычно вблизи потребителей теплоты в крупных городах, широко применяют *системы оборотного водоснабжения* с испарительными градирнями.

Существуют *системы смешанного водоснабжения* электростанций, когда параллельно с прямотоком в маловодные периоды включаются в работу охладители, либо параллельно с водохранилищем — градирни или брызгательные установки. Подача воды на электростанцию из водоема осуществляется блочными или центральными насосными станциями, либо самотеком.

В схеме с блочными насосными станциями на каждый блок (котел — турбина) устанавливаются по два циркуляционных насоса. От каждого насоса к конденсатору турбины прокладывают отдельный водовод. При блочной схеме обратные клапаны и задвижки устанавливаются лишь на сливной линии конденсатора. Такая схема наиболее надежна и экономична благодаря тому, что гидравлические потери в системе сводятся к минимуму. Для возможности регулирования подачи воды при блочных схемах

устанавливают осевые насосы с поворотными лопастями, а при глубоком регулировании — и с двухскоростными двигателями.

Для электростанции, расположенной ниже плотины, может быть осуществлена схема без циркуляционных насосов, если разница уровней в верхнем и нижнем бьефах плотины достаточна для преодоления гидравлического сопротивления в конденсаторе и водоводах. Самотечная схема может быть осуществлена при больших уклонах реки путем сооружения деривационного канала с небольшим уклоном.

Если в отдельные периоды года из источника водоснабжения не может быть получена вода в требуемом количестве с невысокой температурой, то может быть применено последовательное включение конденсаторов, при котором вода, прошедшая через один конденсатор, подается затем в другой. Такую схему применяют при расширении действующих электростанций, хотя она приводит к усложнению коммуникаций.

При системе оборотного водоснабжения с градирнями или брызгательными бассейнами циркуляционные насосы устанавливают в машинном отделении электростанции по два на каждую турбину. В некоторых случаях их располагают в центральной насосной станции.

Конденсаторы паровых турбин обычно располагают на значительной высоте над уровнем земли, поэтому в целях уменьшения высоты подачи воды насосами при системе прямоточного водоснабжения или при системе с водохранилищем используют сифон. Для этого сливную линию конденсатора (рис. 3.10) выводят в сливной колодец под уровень воды в нем, и вода подается на отметку уровня воды в колодце. Высоту от этого уровня до верха конденсатора принимают во избежание срыва сифона обычно не более 8 м.

На ТЭС, кроме технического водопровода, предусматривается система противопожарного водоснабжения со стационарными ав-

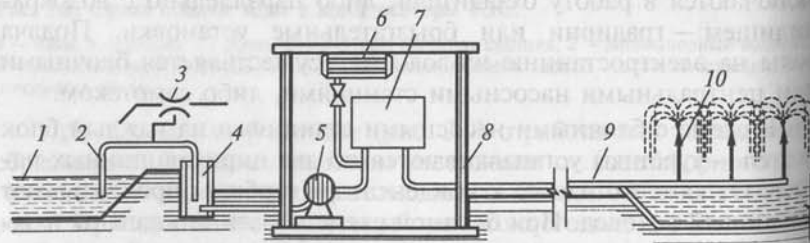


Рис. 3.10. Схема охлаждения воды на ТЭС:

1 — береговой бассейн; 2 — сифон; 3 — эжектор для включения сифона; 4 — приемный (сливной) колодец; 5 — насос; 6 — бак для запаса воды; 7 — конденсатор; 8 — здание ТЭС; 9 — трубопровод нагретой воды; 10 — разбрызгивающие воды сопла

томатически действующими установками водопенного пожаротушения, а также система хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Развитие тепловой и атомной энергетики и увеличение объемов их сбросных вод приводят к тепловому загрязнению водоемов, а в дальнейшем — к эвтрофикации. При проектировании новых ТЭС предусматривается только оборотная система водяного охлаждения.

Для прекращения сброса продувочных вод оборотных систем водяного охлаждения их повторно используют на технические цели станций: для питания котлов, подпитки теплосетей, работающих по закрытой схеме; на восполнение потерь в оборотных системах гидрозолаудаления; полива территории электростанций, сельскохозяйственных угодий и хозяйственных нужд.

Перспективным считается применение воздушного охлаждения и оборотных систем с радиаторными охладительными башнями или комбинированное воздушно-водяное охлаждение воды.

Сложной проблемой при создании ТЭС без сброса сточных вод является утилизация или ликвидация минерализованных стоков. На большинстве станций для приготовления питательной воды применяют метод обессоливания на ионитовых фильтрах, регенерация которых сложна.

С целью ликвидации регенерационных растворов в настоящее время применяют: содоизвестковое умягчение с последующим обезвоживанием образовавшегося шлама на фильтр-прессах; глубокое доумягчение осветленной содоизвестковой воды на катионовых фильтрах с использованием нейтрализованного концентрата испарителей для их регенерации и возвратом регенерационных вод этих фильтров в осветлитель на содоизвесткование; упаривание глубоко умягченных регенерационных вод в испарителе.

В оборотных системах гидрозолаудаления вода в результате контакта с отходящими газами в значительной мере насыщена различными веществами — золой и шлаком, что приводит к зарастанию отложениями трубопроводов и орошаемых очистителей отводящих газов. К мерам по предупреждению обростания трубопроводов относятся рекарбонизация, известково-содовое умягчение, аэрация, фосфатно-углекислая очистка. При известково-содовом умягчении кадмий, цинк, железо и медь осаждаются с карбонатом кальция и гидроксидом магния. При обработке оборотной воды фосфатом или карбонатом натрия с продувкой дымовыми газами до pH 7,5...8 вместе с карбонатом или фосфатом кальция соосаждаются фтор, мышьяк и никель.

Уменьшения или полного прекращения сброса вод системы гидрозолаудаления можно достигнуть изменением технологии удаления золошлаковых отходов.

3.3. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ ГОРОДОВ И НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Водоснабжение. Современные системы водоснабжения городов и населенных мест представляют собой сложные технические системы, обеспечивающие прием природной воды, ее очистку с последующей подачей и распределением воды потребителям. Наиболее распространены многофункциональные системы водоснабжения, предназначенные для питьевого, бытового, хозяйственного, производственного и противопожарного водоснабжения. Годовое потребление воды распределяется основными потребителями системы городского водоснабжения следующим образом, %: хозяйственно-питьевые нужды населения — 56 (для приготовления пищи и питья — 30, для стирки — 10, для пользования ваннами — 30, для работы смывных бачков — 30); нужды общественных зданий — 17; промышленные нужды — 17; пожарные — 3; городские нужды (поливка улиц и зеленых насаждений, рабочих фонтанов и др.) — 1 и прочие — 6.

Состав и свойства питьевой воды при любом типе водоисточника, способе обработки и конструктивных особенностях водопроводной сети должны обеспечивать безопасность в эпидемиологическом отношении, безвредность химического состава и благоприятные органолептические свойства. Технические и гигиенические требования и нормы, предъявляемые к питьевой воде, регламентирует ГОСТ 2874—82 и СанПиН № 4630—88.

Среднесуточное водопотребление служит отправной точкой определения расчетного расхода воды, который необходим для удовлетворения потребности населения в любое время года, месяца, недели, включая сутки наибольшего водопотребления.

Параметры водопроводных сооружений систем водоснабжения городов и населенных мест рассчитывают на определенный расчетный период, который может включать несколько очередей строительства, учитывающих перспективу развития города и повышение уровня благоустройства потребителей воды.

Расход воды, на прохождение которой рассчитывают элементы системы водоснабжения, изменяется в течение кварталов года, месяцев сезона, часов суток и минут часа. Эти колебания водопотребления необходимо учитывать при проектировании системы водоснабжения с заданным уровнем благоустройства. Рост численности населения и увеличение норм водопотребления поддаются прогнозу.

Данные о прогнозе развития города учитывают в процессе проектирования новых систем водоснабжения путем резервиро-

вания дополнительных площадей для развития тех или иных элементов, предусмотренных очередностью строительства. Сезонные изменения водопотребления определяют главным образом миграция населения и климатические факторы, характерные для заданного места расположения города.

Параметры водопроводных сооружений системы рассчитывают таким образом, чтобы удовлетворить потребности населения в воде в период сезонных циклов. При подборе насосного оборудования и особенно при технико-экономическом расчете водоводов и водопроводных сетей учитывают кратковременность периодов максимального водопотребления.

Суточные и часовые колебания расходов воды являются результатом неравномерности потребления воды в городе. Неравномерность потребления воды в дни недели обусловлена укладом жизни города и связана главным образом с чередованием рабочих и нерабочих дней и в значительной мере зависит от производственного профиля города или населенного места.

Водопроводные сооружения системы водоснабжения должны иметь достаточную производительность для гарантированной подачи воды в сутки «максимального водопотребления». При этом допускается форсированный режим работы — повышенные скорости движения воды в трубах водопроводных сетей, выход насосов из зоны оптимальных значений коэффициентов полезного действия, повышенный расход реагентов на очистных сооружениях и т. п. Форсированный режим работы системы в сутки максимального водопотребления оправдывается тем, что в сутки «среднего водопотребления», составляющего значительную часть работы водопроводных сооружений, насосы находятся в оптимальном режиме эксплуатации. В значительной степени на режиме работы системы отражается часовая неравномерность водопотребления.

Водопотребление зависит от степени благоустройства зданий, численности населения и климатических условий населенного пункта или города. Неравномерность водопотребления наблюдается в течение суток: максимальный расход воды — в середине дня, минимальный — ночью. Существенно возрастает водопотребление в праздничные и предвыходные дни.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды колеблется даже в течение часа. При расчете водопотребления в населенных пунктах используют коэффициенты суточной $k_{сут}$ и часовой $k_{ч}$ неравномерности, которые выражают отношение максимального потребления воды к среднему ее потреблению в те-

ние суток и часа соответственно. Нормы удельного водопотребления в зависимости от степени благоустройства зданий регламентируются.

При проектировании систем водоснабжения населенных пунктов удельное среднесуточное (за год) водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды населения принимают от 125 до 350 л/сут. Расчетный суточный расход воды ($\text{м}^3/\text{сут}$) на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяют:

$$Q_{\text{сут ср}} = \sum q_{\text{ж}} N_{\text{ж}} / 100 \quad (3.15)$$

где $q_{\text{ж}}$ — удельное водопотребление; $N_{\text{ж}}$ — расчетное число жителей в районах жилой застройки с различной степенью благоустройства.

Расход воды на поливку принимают в зависимости от типа покрытия территории, способа ее поливки, вида растений и насаждений, климатических и других местных условий. Расход колеблется от 0,3 до 15 л/м².

Распределение расходов воды по часам суток в населенных пунктах, на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях принимают на основании расчетных графиков водопотребления. При построении таких графиков исходят из принимаемых в проекте технических решений, исключающих совпадение по времени максимальных отборов воды на различные нужды.

Потребность человека в воде определяется путем статистической обработки данных, полученных на основе медико-гигиенических исследований. Ниже представлены результаты этих исследований.

Потребность человека в воде л/(сут · чел.)	Хозяйственные q	Гигиенические q
Питьевые нужды	1,5	2,0
Приготовление пищи	3,4	4,6
Мытье посуды	8,7	10,7
Умывание, чистка зубов	7,0	11,0
Душ, ванна	20,7	26,6
Стирка	8,6	19,2
Смыв бачка	22,7	31,4
Уборка	5,0	5,5
Всего	75,6	111,3

В современных условиях среднее удельное водопотребление в городах и населенных пунктах составляет около 250 л/(сут · чел.). В настоящее время разработаны мероприятия по приостановлению роста водопотребления. Сокращение норм коммунального водоснабжения позволит уменьшить общие потребности в воде.

Для осуществления данной проблемы необходимо строительство отдельных систем питьевого и технического водоснабжения.

С целью сокращения непроизводительных расходов воды (утечек воды через неплотности труб, арматуры и санитарно-технического оборудования жилых и общественных зданий) рекомендуется регулировать напор воды в зданиях в зависимости от их высоты (применение систем зонирования по требуемой величине напора, исключение чрезмерных напоров воды, использование совершенной запорно-пусковой арматуры, внедрение насосно-силового оборудования с регулируемой частотой вращения и др.).

Коммунально-бытовое водопотребление предъявляет чрезвычайно высокие требования к качеству воды и к бесперебойной ее подаче. В первую очередь и при любых экстремальных условиях люди должны быть обеспечены водой. Эти требования узаконены «Основами водного законодательства» в виде приоритета использования воды для снабжения населения.

Водоотведение и очистка сточных вод. В процессе жизнедеятельности человека вода загрязняется веществами органического и минерального происхождения. Изменяются и ее физические свойства. Такие воды принято называть сточными.

Сточные воды представляют собой жидкие отходы, образующиеся в результате бытовой и производственной деятельности людей, а также организованного удаления с территорий атмосферных осадков и подразделяются:

— на *сточные воды населенных мест* — смесь бытовых и промышленных сточных вод;

— *дождевые* — образующиеся в результате выпадения атмосферных осадков;

— *производственные* — от технологических операций на предприятиях;

— *оросительных систем* — дренажные воды.

Сточная вода служит благоприятной средой для развития разнообразных микроорганизмов, в том числе и патогенных, являющихся возбудителями и распространителями инфекционных заболеваний. Загрязняя окружающую среду, сточные воды одновременно создают условия для возникновения болезней человека и эпидемий. В сточных водах могут содержаться и токсические вещества (кислоты, щелочи, соли и др.), способные вызывать отравление живых организмов и гибель растений.

В сточных водах содержатся также загрязнения минерального, органического и бактериального происхождения. Степень их загрязнения определяется показателями санитарно-химического анализа. К ним относятся БПК, ХПК, перманганатная окисляемость, содержание биогенных элементов, реакция среды, температура.

В городах расход бытовых вод с 1 га площади кварталов равен 0,3...2 л/с (удельный расход) или 10...600 тыс. м³/год. В водоотводящую сеть они поступают сравнительно неравномерно. Наибольший расход за 1 ч может превышать средний расход в сутки в 1,4...2,5 раза, а наименьший — может быть меньше среднего расхода в сутки в 1,5...2,5 раза. Следовательно, расходы по часам суток могут изменяться в 2...5 раз.

Производственные сточные воды различных отраслей промышленности содержат различные загрязнения и различные их концентрации.

Для решения вопроса сбора, отведения и обезвреживания атмосферных осадков важное значение приобретает анализ повторяемости месячных и сезонных сумм осадков различной величины и суточный максимум осадков (мм) различной обеспеченности.

В *дождевых водах* содержится значительное количество нерастворенных минеральных органических примесей.

Так, величина годового слоя осадков на территории РФ распределяется следующим образом:

Район	Слой осадков за год, мм
Европейская территория РФ:	
центр	600...800
северная часть	400...600
южная часть	500...600
Урал, южные районы Сибири, Камчатка	800...1200
Центральная часть Западной и Восточной Сибири	400...800

Необходимость строительства водоотводящих систем диктуется санитарными требованиями и стремлением к улучшению жилищно-бытовых условий.

Комплекс инженерных сооружений и санитарных мероприятий, предназначенных для сбора, отвода (транспортирования) за пределы обслуживаемых объектов, очистки, обезвреживания и обеззараживания загрязненных сточных вод и выпуска их в водоемы, называется *водоотводящей системой*. Водоотводящие системы также обеспечивают отвод и очистку вод, образующихся вследствие выпадения атмосферных осадков и таяния снега.

Водоотводящая система (рис. 3.11) содержит следующие элементы: водоотводящую систему в зданиях и внутриквартальные водоотводящие сети; внешнюю водоотводящую сеть; регулирующие резервуары; насосные станции и напорные трубопроводы; очистные сооружения; выпуски очищенных сточных вод в водоем и аварийные выпуски; дождеприемники; ливнеспуски.

Отличие по составу и свойствам загрязнений бытовых производственных и дождевых сточных вод обуславливает разные методы их очистки, а также необходимость раздельного их отведения.

Системы подразделяются на общесплавные, раздельные и комбинированные. В свою очередь, раздельные системы подразделяются на полные раздельные, неполные раздельные и полураздельные.

Общесплавная система водоотведения имеет одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода сточных вод всех видов: бытовых, производственных и дождевых (рис. 3.12). Общесплавная система имеет на главном коллекторе ливнеспуски, через которые часть смеси сточных вод сбрасывается в водоем. Объем сточных вод и количество загрязнений, сбрасываемых в водоем, ограничиваются расходом воды в реке и ее самоочищающей способностью.

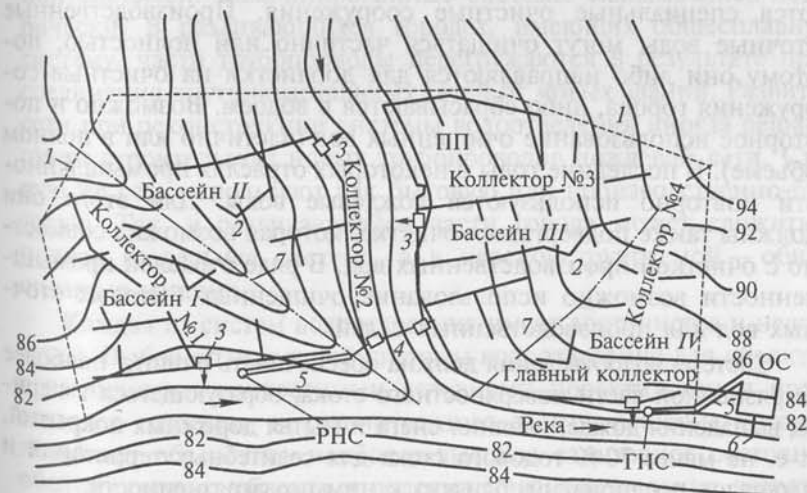


Рис. 3.11. Схема водоотведения:

РНС — районная насосная станция; ГНС — главная насосная станция; ОС — очистные сооружения; ПП — промышленное предприятие; 1 — граница города; 2 — внешняя водоотводящая часть трубопровода; 3 — ливнеспуски; 4 — дюкер; 5 — напорные трубопроводы; 6 — выпуск очищенных сточных вод; 7 — линии водоразделов

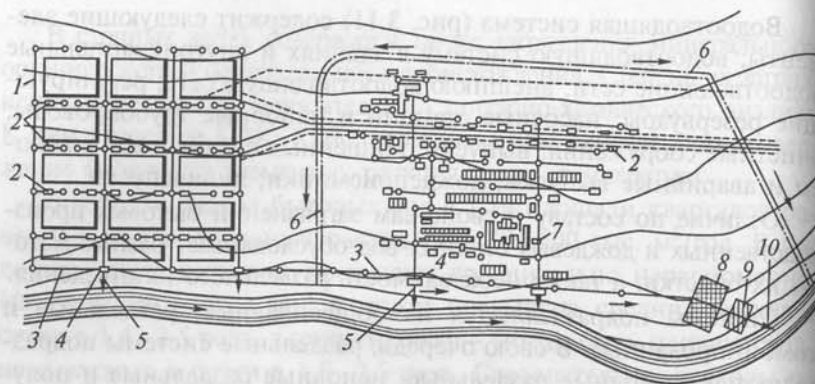


Рис. 3.12. Общесплавная система водоотведения:

1 — уличная сеть; 2 — дождеприемник; 3 — главный коллектор; 4 — ливнепуск; 5 — ливнеотвод; 6 — нагорная канава; 7 — заводская сеть; 8 — сооружения по очистке сточных вод; 9 — сооружения доочистки сточных вод; 10 — выпуск

Полная раздельная система водоотведения имеет несколько водоотводящих сетей, каждая из которых предназначена для отвода сточных вод определенного вида (бытовых вод от города, производственных и дождевых вод).

Для очистки производственных сточных вод предусматриваются специальные очистные сооружения. Производственные сточные воды могут очищаться частично или полностью, поэтому они либо направляются для доочистки на очистные сооружения города, либо сбрасываются в водоем. Возможно и повторное использование очищенных вод (частично или в полном объеме). В последние годы в некоторых отраслях промышленности повторно используются дождевые воды. Для этого они должны также подвергаться очистке, которая возможна совместно с очисткой производственных вод. В ряде отраслей промышленности возможно использование очищенных бытовых сточных вод для производственных целей.

Система водоотведения должна обеспечивать очистку наиболее загрязненной части поверхностного стока, образующегося в период выпадения дождей, таяния снега и мытья дорожных покрытий, т. е. не менее 70 % годового стока для жилых территорий и площадок предприятий, близких к ним по загрязненности.

Неполная раздельная система водоотведения имеет лишь одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода загрязненных бытовых и производственных сточных вод и называемую производственно-бытовой сетью. Отвод дождевых вод в водоем преду-

сматривается по открытым лоткам, кюветам и канавам. Неполную раздельную систему водоотведения устраивают лишь для небольших объектов.

Полураздельная система водоотведения имеет две водоотводящие сети — производственно-бытовую и дождевую. В местах пересечения этих сетей устраивают разделительные камеры. При сравнительно малых расходах воды в дождевой сети камеры пропускают весь расход дождевых вод в главный коллектор производственно-бытовой сети; при сравнительно больших расходах они пропускают в производственно-бытовую сеть лишь часть воды, но протекающей по трубам в донной части. При больших расходах воды в дождевой сети (в период сильных ливней) менее загрязненные дождевые воды отводятся в водоем без очистки. Принцип работы разделительной камеры основан на учете различной степени отлета струи воды с уступа при разных скоростях движения воды в коллекторе при небольшом и значительном наполнении.

Комбинированной системой водоотведения называют такую систему, при которой обслуживаемый объект в одной части оборудован общесплавной системой, а в другой — полной раздельной системой. Комбинированные системы складывались исторически. В развивающихся городах, имеющих общесплавную систему, часто трубопроводы перегружаются в результате присоединения внутриквартальных сетей от новых зданий. Развитие сети при реконструкции системы водоотведения иногда решают путем строительства новых трубопроводов дождевой сети. Старую же сеть используют как бытовую или производственно-бытовую. Так, в развивающейся части города может сложиться полная раздельная система, а в нереконструируемой — общесплавная система.

Каждая из систем водоотведения имеет достоинства и недостатки. Выбор оптимальной системы водоотведения для объектов с различными конкретными условиями проектирования представляет сложную, но очень важную задачу, решение которой позволяет обеспечить наиболее высокое санитарное состояние обслуживаемого объекта и водоема при минимальных затратах на ее строительство и эксплуатацию.

Система водоотведения характеризуется сбросом загрязняющих веществ в водный объект. Приведенная масса годового сброса загрязнений составляет (усл. т/год):

$$M = \sum_{j=1}^n A_j m_j, \quad (3.16)$$

где n — число видов загрязняющих веществ; A_j — показатель относительной опасности сброса j -го вещества в водоем, усл. т/т (табл. 3.4); m_j — общая масса годового сброса j -го вещества, т/год.

Для каждого загрязняющего вещества (усл. т/т)

$$A_j = c_j / c_{\text{пдж}}, \quad (3.17)$$

где c_j — условная концентрация j -го загрязняющего вещества, $c_j = 1 \text{ г/м}^3$; $c_{\text{пдж}}$ — предельно допустимая концентрация j -го вещества в воде, используемой для рыбохозяйственных целей или хозяйственно-питьевого водоснабжения, г/м^3 .

Ущерб природной среде от сброса в водотоки и водоемы загрязняющих веществ составляет (руб./год):

$$Y_{\text{заг}} = \gamma \sigma M, \quad (3.18)$$

где γ — константа, определяющая удельный ущерб от загрязнения, руб./усл. т; σ — константа, характеризующая состояние водотока; M — приведенная масса годового сброса загрязняющих веществ, усл. т/год. Некоторые значения константы σ приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.4. Значения константы A_j для некоторых распространенных загрязняющих веществ

Вещества	Предельно допустимая концентрация, г/м		Константа A_j усл.т/т
	для ведения рыбного хозяйства	для хозяйственно-питьевого водоснабжения	
БПК	3	—	0,33
Взвешенные вещества	20	—	0,05
Сульфаты	—	500	0,002
Хлориды	—	350	0,003
Азот (общий)	—	10	0,1
Нефть и нефтепродукты	0,5	—	2
Медь	0,01	—	100
Цинк	0,01	—	100
Аммиак	0,05	—	20
Мышьяк	0,05	—	20
Цианиды	0,05	—	10
Формальдегиды	0,1	—	10

Таблица 3.5. Значения константы σ для крупнейших рек РФ

Реки	Участок реки или бассейна	σ , отн.ед.
Печора	Устье	0,16
Северная Двина	—	0,22
Нева	—	0,47
Дон	—	1,63
Волга	Цимлянский гидроузел	1,13
	Устье р.Оки,	2,6
	район Кубышева	0,8
Кубань	Устье	2,6
Терек	—	2,37
Урал	Р-н Уральска	2,7
Обь	Р-н Новосибирска	0,34
Иртыш	Р-н г. Павлодара	2,1
Енисей	Р-н Красноярска, устье	0,19
Лена	Р-н г. Якутска	0,15
Амур	Устье	0,19
Реки Кольского п-ва	—	0,95

Намечено осуществить следующие основные мероприятия, способствующие улучшению санитарного состояния водоемов: строительство эффективных очистных сооружений систем водоотведения; глубокая очистка сточных вод; внедрение методов повторного или многократного использования очищенных производственных сточных вод в технологических процессах; создание замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий без сброса сточных вод в водоем; использование сточных вод для орошения и обводнения; перевод водных технологических процессов на предприятиях на безводные.

3.4. ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

По объему потребления воды сельское хозяйство значительно превосходит все другие отрасли народного хозяйства РФ. Использование водных ресурсов в сельском хозяйстве распределяется следующим образом, %: 90,5 — орошение, обводнение; 5,3 — сельское водоснабжение; 4,2 — производственные нужды села; 0,1 — хозяйственно-питьевые нужды.

Водопользование в сельском хозяйстве включает орошение, водоснабжение и обводнение земель. В водохозяйственный комплекс входят также системы осушения переувлажненных и заболоченных угодий, сооружения сброса дренажных вод (после промывки засоленных земель) и другие коллекторно-дренажные сооружения.

Продуктивность земельных угодий в значительной мере зависит от их влагообеспечения. Поэтому важнейшей задачей сельскохозяйственного водопользования в деле обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур является поддержание влажности почвы в необходимых пределах на протяжении всего вегетационного периода.

Орошение и обводнение. Регулирование естественной влажности почвы осуществляется в результате реализации мелиоративных мероприятий. Главной задачей мелиорации земель является обеспечение устойчивости и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, повышение производительности труда и рост доходов предприятий. Мелиорация позволяет вовлекать в сельскохозяйственный оборот малопродуктивные и ранее неиспользованные земли, преобразуя их в высокопроизводительные сельскохозяйственные угодья.

Мелиорация — совокупность организационно-хозяйственных и технических мероприятий по коренному улучшению земель с неблагоприятными водными и воздушными режимами, подвергшихся физическому действию ветра или воды. Внедрение мелиорации обеспечивает устойчивость урожаев и способствует рациональному и комплексному использованию водных и земельных ресурсов.

В отличие от агротехнических мероприятий (вспашка, боронование, борьба с сорняками и др.), действие которых, как правило, продолжается не более года и в течение этого времени окупается прибавкой урожая, действие мелиоративных мероприятий рассчитано на долгие годы. Построенная оросительная система в корне изменяет условия произрастания сельскохозяйственных культур на орошаемой территории, и ее действие продолжается десятилетия, пока узлы и сооружения находятся в исправном состоянии.

Ирригация земель основана на использовании поверхностных или подземных вод, а также сточных вод промышленных и коммунальных объектов.

Оросительные мелиорации включают комплекс мероприятий по искусственному увлажнению почвы, осушительные — по удалению из почвы избытка влаги. Двойное регулирование влажности обеспечивает и искусственное увлажнение почвы, и удаление из нее избытка влаги.

Опреснительные мелиорации обеспечивают удаление из почвы избытка солей, вредных для сельскохозяйственных культур. Противозерозийные мелиорации предотвращают потери сельскохозяйственных угодий вследствие водной или ветровой эрозии.

Мелиоративные мероприятия, применяемые для улучшения земельных угодий, подразделяют на несколько видов:

- гидротехнические — оросительные, обводнительные или дренажные системы, плотины, водозаборные устройства, каналы;
- агротехнические — специальная обработка почвы (мелиоративная вспашка, профилирование, плантаж, а также применение правильных севооборотов, сроков и норм полива);
- химические — внесение в почву органических и минеральных удобрений, химических веществ (известки, гипса и др.), ядохимикатов;
- лесотехнические — полесозащитные лесополосы и противоэрозионные лесонасаждения, облесение и закрепление песков, оврагов, горных склонов и берегов рек, а также улучшение лесных угодий;
- рекультивационные — восстановление профиля и плодородия почв территорий, использованных ранее под карьеры, рудники, горные выработки, и возвращение их в сельское хозяйство;
- культурно-технические — удаление леса и кустарников, корчевка пней, удаление камней, планировка (выравнивание) поверхности и др.

Системы орошения (ирригации) содержат следующие элементы: сеть каналов различных порядков, насосные станции, сооружения на каналах, а также оградительные дамбы, дороги, линии связи и противоэрозионные гидротехнические сооружения.

Оросительные системы по времени действия или периодичности работы могут быть *регулярными* и *разового действия*. К первым относят *самотечное, механическое и смешанное* орошение, ко вторым — *наводковое и лиманное*.

В состав сооружений регулярного действия с поверхностным способом орошения входят: источник орошения, головное водозаборное сооружение, магистральный канал и каналы второго, третьего и других порядков, оросительные борозды, водосборные каналы и сооружения на них. Выбор варианта решения и компоновка элементов системы производится с учетом природных условий на основе технико-экономического анализа, учитывающего методы производства работ и условия эксплуатации систем.

Оросительная система проектируется по следующей схеме (рис. 3.13): *магистральный, или главный, самотечный канал, прокладываемый по наивысшим отметкам местности так, чтобы уровни в нем могли господствовать над всей орошаемой пло-*

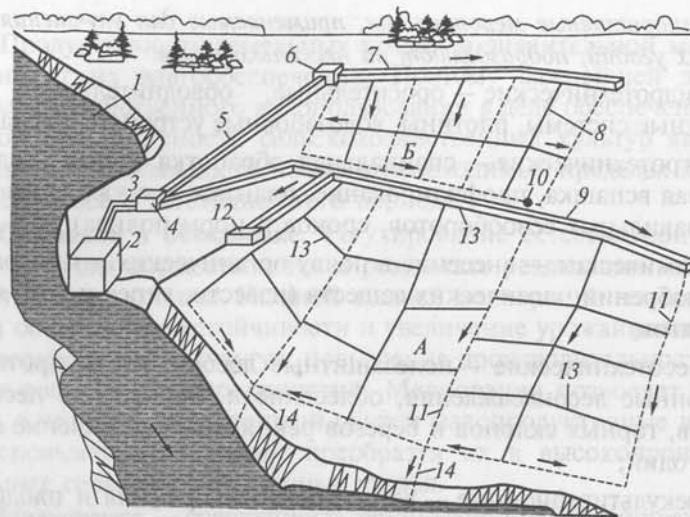


Рис. 3.13. Схема оросительной системы:

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

шадью, а вода могла самотеком поступать в каналы низших порядков; *распределительный* канал, проводимый по максимальному уклону местности и обслуживающий отдельные поля севооборота; *оросители* — временные земельные каналы, распределяющие воду через нарезные оросительные борозды внутри полей севооборота; *водосборные каналы* (или закрытые дрены) для удаления излишней воды.

К сооружениям оросительной сети относятся: головной шлюз-регулятор открытого либо закрытого типа (рис. 3.14), подпорные или перегораживающие сооружения, сбросные (концевые) шлюзы.

Осушение проводится на избыточно увлажненных землях сельскохозяйственных угодий и представляет собой комплекс мероприятий по искусственному удалению части поверхностных и подземных вод и понижению уровней грунтовых вод. Наиболее широко развито горизонтальное осушение земель.

При осушении сеть открытых каналов неглубокого заложения или закрытых дрен и труб собирает воду с осушаемой территории и отводит ее самотеком в водоприемник (рис. 3.15).

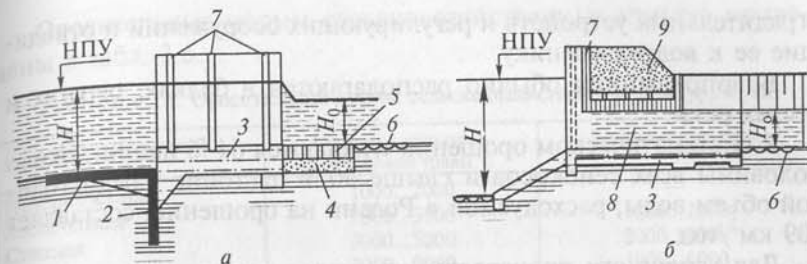


Рис. 3.14. Сооружения по оросительной сети:

а — головной шлюз-регулятор открытого типа; б — трубчатый шлюз-регулятор закрытого типа; 1 — крепление понура; 2 — шпунт; 3 — водобойная часть; 4 — обратный фильтр; 5 — сквозной флюбит; 6 — крепление выходной части; 7 — пазы шандоров и затвора; 8 — труба; 9 — обратная засыпка; Н — уровень воды перед сооружением; H_0 — уровень воды за сооружением

В состав осушительных систем входят оградительные устройства: дамбы, нагорные и ловчие каналы, предупреждающие поступление поверхностных и грунтовых вод на осушаемую площадь; регулирующие сооружения — каналы из открытой сети (осушители и собиратели) и дрены — на закрытой, понижающие уровень грунтовых вод до проектной отметки; проводящие сооружения: открытые коллекторы, магистральный канал или трубопроводы (при закрытой сети), принимающие воду от

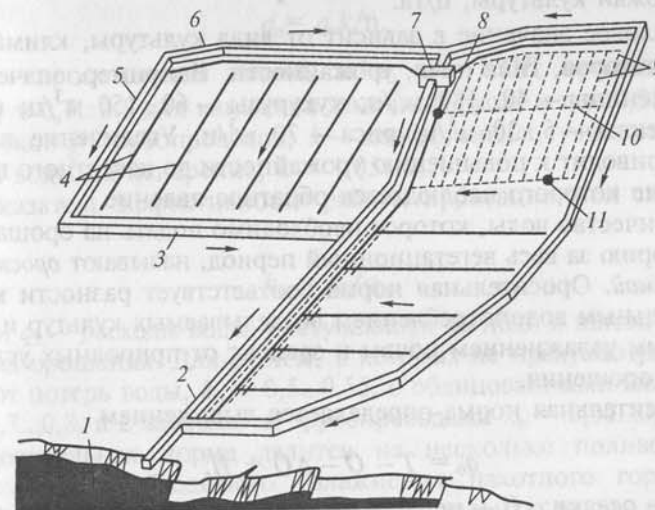


Рис. 3.15. Схема осушительной системы:

1 — водоприемник; 2 — магистральный канал; 3 — открытый коллектор; 4 — открытые осушители; 5 — нагорно-ловчий канал; 6 — полевая дорога; 7 — труба переезда; 8 — устьевое сооружение; 9 — закрытые дрены; 10 — закрытый коллектор; 11 — смотровой колодец

оградительных устройств и регулирующих сооружений и отводящие ее к водоприемнику.

Водоприемники обычно располагаются в балках, оврагах и руслах реки.

В систематическом орошении нуждаются 64 % пашни, около половины всех сенокосов и свыше 90 % пастбищ. Среднегодовой объем воды, расходуемой в России на орошение, составляет 909 км³/год.

Для успешного произрастания каждое растение должно получать определенное количество воды, тепла, света и элементов питания. Регулирование количества тепла и света пока практически не достигнуто современной агротехникой, и задача земледелия состоит в регулировании водного и питательного режимов растений путем современных поливов и внесения удобрений. Урожаи на орошаемых землях выше и лучшего качества, чем на неорошаемых.

Количество воды, потребляемое за вегетационный период, определяется формулой

$$T = \epsilon U, \quad (3.19)$$

где T — транспирация (потребление воды данным видом растения), м³/га; ϵ — удельная транспирация (водопотребление), м³/ц; U — урожай культуры, ц/га.

Числовое значение ϵ зависит от вида культуры, климатических факторов, типа почв, урожайности. Например, значения ϵ для пшеницы — 40...180 м³/ц; кукурузы — 60...150 м³/ц; сахарной свеклы — 5...30 м³/ц; риса — 70 м³/ц. Увеличение подачи воды приводит к повышению урожайности до известного предела, после которого наблюдается обратное явление.

Количество воды, которое необходимо подать на орошаемую территорию за весь вегетационный период, называют *оросительной нормой*. Оросительная норма соответствует разности между оптимальным водопотреблением возделываемых культур и естественным увлажнением почвы и зависит от природных условий района орошения.

Оросительная норма определяется выражением

$$q_0 = T - O - \Delta Q + I, \quad (3.20)$$

где O — осадки; I — испарение; ΔQ — запасы воды в почве, $\Delta Q = Q_n + Q_k + Q_v$; здесь Q_n — подпитка напорными подземными водами; Q_k — подпитка капиллярным передвижением воды; Q_v — подпитка за счет конденсации водяных паров.

Оросительные нормы сельскохозяйственных культур приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6. Оросительные нормы сельскохозяйственных культур, м³/га

Природная зона	Овощные культуры, кормовые травы	Зерновые культуры
Нечерноземная	1000...2000	—
Лесостепная	2000...3000	1000...2000
Степная	3000...5000	2000...4000
Пустынная	7000...9000	5000...6000

Нормы орошения для одних и тех же культур возрастают по мере продвижения на юг в 2...2,5 раза. Например, в пригородах Санкт-Петербурга для полива овощей требуется 1...2 тыс. м³/га, а на юге для тех же целей — 2,5...5,5 м³/га.

Оросительные нормы (без учета потерь испарения, фильтрации) составляют, тыс. м³/га: для сахарной свеклы — 2,5...6; зерновых — 1,3...3,5; многолетних трав — 2...8; риса — 8...15.

На практике забор воды на орошение существенно превышает оросительную норму, так как при транспортировке воды часть ее теряется на фильтрацию, испарение, утечки. С учетом этих потерь оросительная норма должна быть увеличена с учетом вышеперечисленных факторов:

$$q_n = q_0 k / \eta, \quad (3.21)$$

где q_0 — оросительная норма, м/га; η — КПД оросительной сети, $\eta = 0,7...0,9$ для каналов в земляном русле и $\eta = 0,95...0,98$ для лотков и трубопроводов; k — коэффициент, учитывающий потери воды на испарение, $k = 1,05...1,30$.

Показатель эффективности работы ирригационной системы равен

$$k_n = q_1 / q_2, \quad (3.22)$$

где q_1 и q_2 — расходы воды, поступающей на поля и взятой из источника орошения. Для систем, в которых не предусмотрена защита от потерь воды, $k_n = 0,5...0,55$, с облицованными каналами $k_n = 0,7...0,8$, а с закрытыми трубопроводами $k_n = 0,90...0,95$.

Оросительная норма делится на несколько поливов для обеспечения необходимого увлажнения пахотного горизонта (активного слоя) почвы. Поэтому оросительную норму подразделяют на несколько поливных норм, объем которых зависит от водно-физических характеристик почвы, особенностей орошаемой культуры и способа полива.

Число поливов и их сроки зависят от орошаемой культуры, способа орошения и природных условий. Так, для сахарной свеклы необходимо 4...10 поливов, а для кукурузы — 5...8, продолжительность каждого полива 5...10 дней.

Орошение сточными водами. Для удовлетворения потребностей населения и сельского производства в условиях дефицита природной воды можно использовать хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды после предварительного их обезвреживания.

Использование сточных вод в земледелии позволяет увлажнить и удобрить почву, а следовательно, поднять продуктивность сельского хозяйства. Применяют сточные воды для орошения после соответствующей обработки, позволяющей сократить содержание в них патогенных бактерий, вирусов и яиц гельминтов. При орошении происходит почвенная очистка сточных вод, эффективность которой зависит от вида грунтов, характера рельефа местности, уровня грунтовых вод, количества атмосферных осадков, продолжительности вегетационного периода и т.п. Для орошения могут быть использованы также стоки пищевой промышленности: сахарных, крахмальных, дрожжевых, пивоваренных заводов.

Земледельческие поля орошения (ЗПО) — это специализированная мелиоративная система для приема предварительно очищенных сточных вод, используемых для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий, а также доочистки стоков в естественных условиях.

Устройство ЗПО возможно при следующих почвенно-климатических условиях: хорошая фильтрационная способность грунтов — песков, супесей, легких суглинков, чернозема; спокойный, или слабовыраженный, рельеф местности с уклоном до 0,02...0,03; уровень грунтовых вод на глубине более 1,5 м от поверхности земли; длительный вегетационный период развития растений и небольшое количество осадков (около 200...300 мм).

Использование сточных вод в ЗПО позволяет:

- обеспечить разрушение органических веществ в стоках путем минерализации или гумификации;
- освободить стоки от патогенных бактерий, вирусов и яиц гельминтов путем их поглощения и дальнейшего отмирания под влиянием естественных факторов самоочищения в фильтрующем слое почвы;
- предотвратить накопление химических веществ в почве до предела, определяющего ухудшение процессов самоочищения почв и снижающих урожайность;

— устранить загрязнение грунтовых вод химическими веществами и патогенными бактериями; предупредить загрязнение почвенного и атмосферного воздуха.

Все это достигается правильным подбором гидравлической нагрузки стоков на почву.

Наилучший вариант структурной схемы ЗПО определяют следующие факторы:

- природные условия (климат, рельеф, гидрогеология, почва, водный баланс и т. п.);
- хозяйственная деятельность (состояние и перспектива развития сельского хозяйства, наличие рабочей силы и опыта орошения и т. п.);
- характеристика сточных вод (объем, состав, режим подачи, влияние сброса сточных вод на водные объекты и т.п.);
- сведения о комплексном использовании водных ресурсов (состав водопользования, объемы водопотребления и водоотведения, прогнозы качества воды, наличие регистрационных и санитарных зон, заинтересованность водопользователей в совместном использовании сточных вод).

ЗПО бывает трех видов:

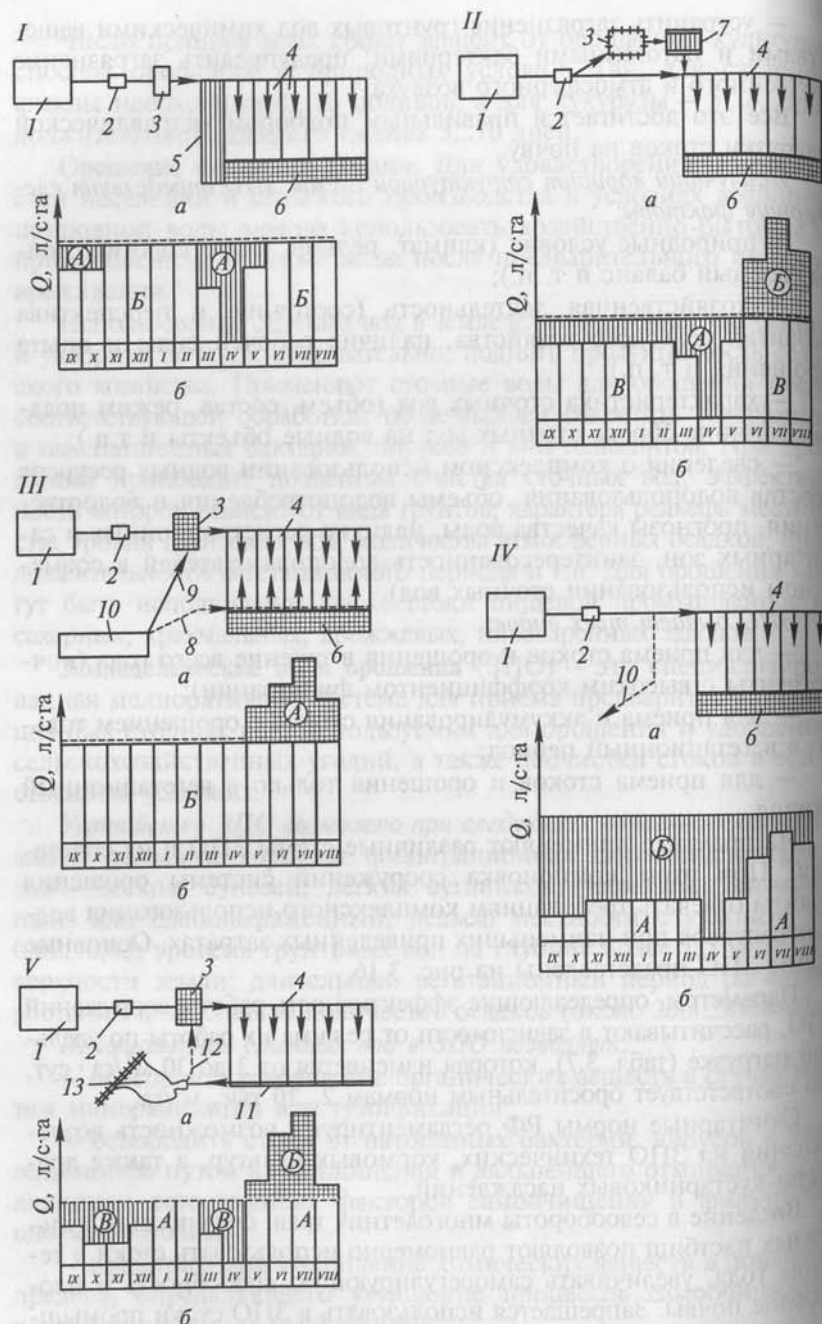
- для приема стоков и орошения в течение всего года (почвогрунты с высоким коэффициентом фильтрации);
- для приема и аккумуляции стоков с орошением только в вегетационный период;
- для приема стоков и орошения только в вегетационный период.

На практике применяют различные схемы ЗПО и их сочетания. При этом компоновка сооружений системы орошения должна отвечать требованиям комплексного использования водных ресурсов при наименьших приведенных затратах. Основные схемы ЗПО представлены на рис. 3.16.

Параметры, определяющие эффективность работы сооружений ЗПО, рассчитывают в зависимости от режима их работы по удельной нагрузке (табл. 3.7), которая изменяется от 3 до 30 м³/га · сут, что соответствует оросительным нормам 2...10 тыс. м³/га.

Санитарные нормы РФ регламентируют возможность возделывания на ЗПО технических, кормовых культур, а также древесно-кустарниковых насаждений.

Введение в севообороты многолетних трав, организация культурных пастбищ позволяют равномерно использовать стоки в течение года, увеличивать саморегулирующую способность и плодородие почвы. Запрещается использовать в ЗПО стоки промыш-



ленных предприятий по переработке сырья животного происхождения, инфекционных больниц, боен, ветеринарных лечебниц.

На ЗПО рекомендуются определенные циклы орошения. Например, на пастбищах межполевые периоды составляют 8...14 дней; перед уборкой — 15...30 дней; перед выпасом скота — 20 дней. Для ЗПО предпочтительнее почвенное и поверхностное орошение из дождевальных машин.

Эффективность орошения сточными водами представлена в табл. 3.8.

Таблица 3.7. Удельная нагрузка, м³/(га · сут)

Климатическая зона	Почвенно-мелиоративные условия	Условия регулирования подачи		
		полное регулирование II и III схем	частичное регулирование III и IV схем	без регулирования I схемы
Полупустыни	Хорошие	20	25	30
Сухие степи	Удовлетворительные	15	18	20
Степи	Хорошие	10	12	15
Лесостепь	Удовлетворительные	8	10	12
Зона лиственных лесов	Хорошие	5	7	8
Тайга	Удовлетворительные	3	5	6

Таблица 3.8. Урожайность сельскохозяйственных культур

Культура	Урожайность, ц/га		
	без полива	при орошении	прирост, %
Люцерна	146	655	450
Костер безостый	16	70	430
Бобовые-костер	51	103	200
Кукуруза	274	495	180
Свекла кормовая	464	1074	230
Свекла сахарная	275	505	180

Рис. 3.16. Схема земельных полей орошения:

I-V — вид схемы; а — компоновка сооружений; б — график водопользования; 1 — объект; 2 — системы водоотведения; 3 — очистные сооружения; 4 — аккумуляционная емкость; 5 — основные севооборотные участки; 6 — регулирующие емкости для восприятия избытков стоков (почва хорошей фильтрации); 7 — буферные площадки для ливневых и паводковых вод (3...5 % от общей площади); 8 — воды для дополнительного орошения; 9 — биологический пруд; 10 — свежая вода для разбавления сточных вод; 11 — подача сточных вод другим потребителям; 12 — пруд-накопитель; 13 — коллекторно-дренажные воды; 14 — подача воды для повторного использования; 15 — пруд-накопитель; 16 — подача воды на резервный участок; 17 — подача воды на основные севооборотные участки; 18 — аккумуляция воды в прудах-накопителях; 19 — подача воды из прудов; 20 — подача воды из очистных сооружений; 21 — подача воды на ЗПО; 22 — подача воды другим водопотребителям; 23 — подача воды на ЗПО из очистного сооружения; 24 — подача воды на ЗПО из буферного пруда; 25 — поступление коллекторно-дренажных вод в буферный пруд.

При устройстве и эксплуатации ЗПО необходимо выполнять требования по охране природы и соблюдать санитарно-гигиенические правила. ЗПО располагают в местах, удаленных более чем на 2 км от берегов водоема рыбохозяйственного назначения (для ценных рыб ширина зоны может быть увеличена). При отведении дренажных вод регламентируется ПДК биогенных веществ, удобрений и ядохимикатов. Условия санитарной безопасности соблюдаются в процессе орошения и водоотведения коллекторно-дренажных стоков.

Орошение теплыми водами. Теплые воды используют для орошения полей, создания требуемого температурного режима в теплицах, а также для обогрева зданий животноводческих комплексов. Вода из водохранилищ — охладителей энергетических объектов — забирается из верхних слоев (температура их на 8...15 °С выше температуры природных слоев). Теплые воды имеют заметное положительное влияние на урожайность при их подаче в весенний и осенний периоды. Орошение теплыми водами интенсифицирует микробиологические процессы в почве.

Внедрение новых высокопроизводительных машин, механизмов и поливной техники, высокоэффективных способов орошения с использованием систем автоматики и телеуправления позволит значительно повысить эффективность сельского хозяйства в зонах с неблагоприятным климатом.

Применение поливальных машин типа «Кубань» позволит увеличить производительность труда в 1,5...2 раза, коэффициент земельного использования — с 0,85 до 0,94 и уменьшить энергозатраты на 1 м³ оросительной воды.

Существуют различные способы полива земель: поверхностный (самотечный), дождевание и подпочвенное орошение.

Поверхностное орошение — наиболее распространенный способ увлажнения почвы. При этом методе полива вода самотеком распределяется по поверхности почвы и впитывается в нее. На ровных и спланированных площадях культур осуществляют полив по бороздам, с наполнением борозды 1/4...1/3 ее глубины. Для орошения трав и зерновых культур, высеваемых узкорядным или перекрестным способом, применяют полив напуском по полосам. Поливные полосы шириной 3,5 м ограничивают невысокими земляными валиками. Поверхностное орошение является древним видом и имеет следующие недостатки: неравномерное увлажнение поверхности (по длине); возможность размыва почвы; большая инфильтрация; чрезмерное испарение

влаги; большое количество воды, просачиваемой в грунт, и подъем уровня подземных вод; засоление почв.

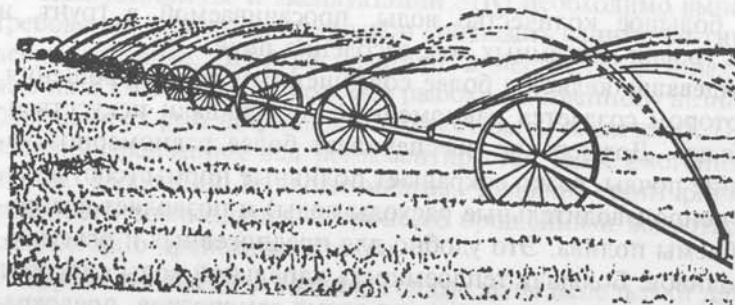
Дождевание является более совершенным видом орошения, при котором создается равномерный по площади искусственный дождь. Дождевание обеспечивает более равномерное увлажнение почвы, резко сокращает поливные нормы (соответственно непроизводительные расходы воды) и позволяет дозировать объемы полива. Это удобно для предпосевных и освежающих поливов. Большая теплоемкость капельной воды способна повышать температуру воздуха во время заморозков, предохраняя от них посевы. При дождевании нередко вносят в почву удобрения. Для подачи и распределения капельных водных струй применяют коротко-, средне- и длинноструйные дождевальные машины. Типы дождевальных машин представлены на рис. 3.17.

Технология полива зависит от природных условий, способа полива, требований агротехники и рода культур. Для рационального использования водных ресурсов при орошении рекомендуется увязывать графики полива.

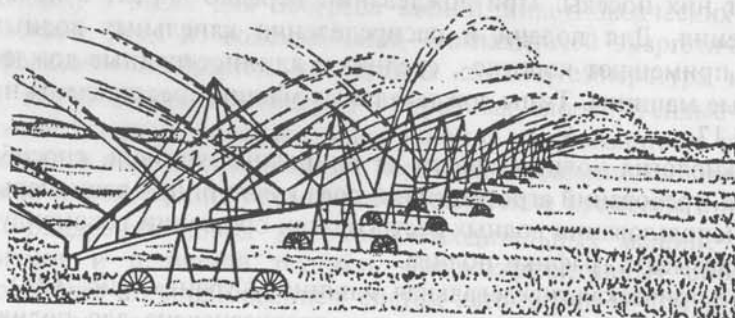
Электрическая дождевальная машина «Кубань» (рис. 3.18) с забором воды из открытого канала предназначена для полива зерновых, овощебахчевых, технических культур, многолетних трав, лугов и пастбищ, а также других культур, включая высокостебельные (с высотой стебля не более 2,5 м). Машина представляет собой колесную многоопорную самодвижущуюся систему дождевания с электрической системой автоматического управления. Одна машина обслуживает участок размером 800 × × (1500...2500) м. Площадь полива для сухих степей — 160, умеренных — 200 га. Полив осуществляется в режиме движения вдоль открытого оросительного канала.

Технические характеристики дождевальной машины «Кубань»

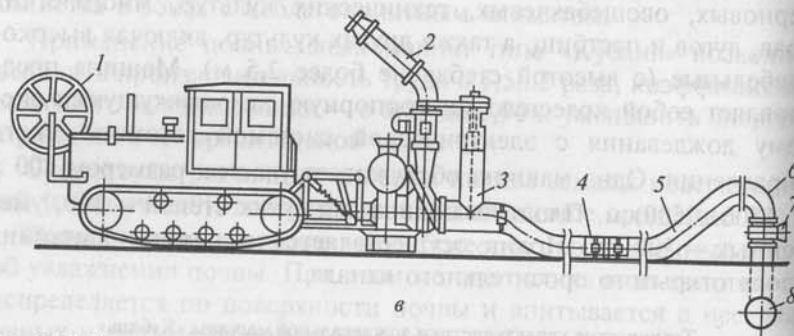
Число дождевальных насадок.....	294
Число опорных тележек, шт.	16
Расход воды при нормальном напоре на входе в машину и нулевом об- щем уклоне, л/с.....	165...170
Нормальный напор на входе в машину, МПа.....	0,34...0,31
Средняя интенсивность дождя, мм/ мин.....	до 1,2
Средняя скорость перемещения машины, м/ мин:	
минимальная	0,19
максимальная	2,0
Максимальная норма полива за один проход, м ³ /га	600



a



б



в

Рис. 3.17. Дождевальная техника:

а — «Фрегат»; б — «Волжанка»; в — дождевальная установка; 1 — барабан; 2 — дождеватель; 3 — ограничитель напора; 4 — соединительная муфта; 5 — капроновый рукав; 6 — колено; 7 — гидрант; 8 — распределительный трубопровод

Подпочвенное орошение осуществляется подачей воды в проложенные в земле (на глубине 0,4...0,5 м) трубы или специальные ходы — кротовины. При этом вода поступает непосредственно в корневую систему без потерь. Эти системы орошения

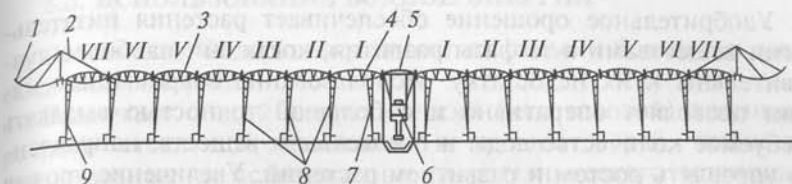


Рис. 3.18. Электрическая дождевальная машина «Кубань»:

1 — консоль; 2 — предконсольный пролет; 3 — промежуточный пролет; 4 — головной пролет; 5 — центральная балка; 6 — силовой агрегат; 7 — опорная центральная тележка; 8 — опорная тележка; 9 — опорная крайняя тележка; I...VII — номера пролетов

прогрессивны, но дорогостоящи. Дождевание и подпочвенное орошение сочетают с капельным.

Капельное орошение осуществляют путем подачи воды к растению по трубкам малого диаметра (0,5...2 см) через капельницы. Вода через специальные фильтры по пластмассовым трубам с наконечниками-капельницами распределяется по орошаемому участку непосредственно под корневую систему растений. Специальный механизм так регулирует подачу воды, чтобы свести к минимуму потери воды на испарение и таким образом сократить расход воды. Метод капельного орошения используют для полива садов и виноградников.

В условиях засухи (при высоких температурах и низкой влажности воздуха) наблюдается увядание растений даже при увлажнении почвы. Это происходит из-за превалирования процесса транспирации воды растениями над ее поглощением корневой системой. В таких случаях используют мелкодисперсное дождевание (создание очень мелкого дождя, почти тумана). Такое орошение служит средством защиты растений от вредного воздействия чрезмерно сухой атмосферы. Эффективность действия удобрений и химических средств защиты растений повышается при распределении их с поливной водой. Высокий технический уровень современных оросительных систем позволяет оперативно внедрять эффективные ресурсо- и энергосберегающие технологии распределения удобрений и химических средств защиты растений, а также химелиорантов с поливной водой, используя для этих целей автоматизированные многоопорные дождевательные машины. Эти технологии хорошо сочетаются с почвозащитными приемами возделывания почвы, позволяют исключить отдельные операции по распределению удобрений, химических средств защиты растений и химических мелиорантов на орошаемых землях.

Удобрительное орошение обеспечивает растения питательными веществами в те фазы развития, когда они наиболее чувствительны к их недостатку. Использование современных машин позволяет оперативно и с большой точностью выдавать требуемое количество воды и питательных веществ, направленно управлять ростом и развитием растений. Увеличение урожая от совместного влияния воды и питательных веществ превышает сумму прибавок от раздельного действия этих факторов. Комплекс растворенных элементов питания, подаваемый в виде подкормок, стимулирует транспирацию, поглощение элементов питания и другие физиологические процессы в растениях, благодаря чему более эффективно используется вода, подаваемая на орошение.

Пути повышения эффективности орошения. Одна из важнейших проблем орошаемого земледелия — экономия воды, борьба с ее непроизводительными расходами и потерями. Нерациональный расход воды нередко происходит из-за несовершенства ирригационных систем, построенных без водорегулирующих устройств и водоизмерительных приборов, без коллекторно-дренажной сети. Такие оросительные системы подлежат реконструкции для рационализации структуры посевов и оросительных норм, а также снижения всех видов потерь воды.

В первую очередь необходимо снижение потерь воды на испарение и фильтрацию во время транспортировки ее от источников к орошаемым площадям и во время полива. Для этого переходят от каналов в земляном русле к каналам, облицованным водонепроницаемыми материалами, и к закрытой оросительной сети. Экономия воды может дать распространение подпочвенных аэрозольных и капельных способов орошения, а также внедрение рациональных поливных норм и составление тщательно увязанных графиков полива с учетом агротехнических планов водопользования и обработки почвы.

При дождевании и поверхностных способах полива нередко наблюдаются разрушение и смыв почвы на орошаемой территории, т. е. ирригационная эрозия. Для предотвращения этого явления рекомендуется проводить предполивное рыхление. В засушливых районах одной из важнейших проблем является борьба с вторичным засолением земель. При больших нормах полива происходит подъем уровня засоленных грунтовых вод, влагоиспарение и образование соли. Такое засоление называют вторичным. При содержании солей в почве свыше 0,3 % массы сухой почвы начинается угнетение растений.

3.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНОЙ ЭНЕРГИИ

Российская Федерация располагает самыми большими запасами гидроэнергии.

Различают общий энергетический (или валовой) потенциал речного стока по отношению к уровню морей, технический — возможное использование гидротехнического потенциала на современном уровне развития техники и экономически целесообразной реализации строительства гидроэлектростанций.

В европейской части РФ, где сосредоточены основные потребители электроэнергии, полностью использован потенциал рек Волги и Камы.

Гидроэлектростанции (ГЭС), вырабатывающие значительную часть электроэнергии в России, не требуют топлива, обеспечивают высокий коэффициент использования водных ресурсов и в некоторых случаях создают лучшие условия для их охраны. Возможность полной автоматизации работы снижает стоимость эксплуатации ГЭС и количество обслуживающего персонала. Себестоимость электроэнергии ГЭС ниже себестоимости энергии тепловых и атомных электростанций. При этом в отличие от других энергетических ресурсов ресурсы гидроэнергии неиссякаемы.

Плотины, создающие напоры на гидроэлектростанциях, образуют водохранилища, которые используют для орошения, водоснабжения городов и промышленности, воспроизводства рыбных запасов, отдыха и туризма. Весной водохранилища аккумулируют часть паводковых вод и защищают от затопления земли, расположенные ниже по течению. В то же время необходимо отметить, что создание водохранилищ приводит к затоплению ценных пойменных и луговых земель, нарушает экологическое равновесие в зоне влияния водохранилища, требует больших капитальных вложений. Схема русловой ГЭС показана на рис. 3.19.

Для ликвидации неравномерности колебаний нагрузки в электросети необходимы специальные пиковые электростанции. Для этой цели ГЭС дополняют газотурбинными генераторами, дизельными электростанциями, гидроаккумулирующими электростанциями (ГАЭС). ГАЭС (рис. 3.20) дают возможность распределять во времени электрическую энергию путем ее преобразования. Станция работает попеременно в насосном и турбинном режимах. В насосном режиме вода из нижнего бьефа водохранилища ГАЭС перекачивается насосами в верхний; в этом режиме ГАЭС работает в часы пониженной нагрузки энергосистемы, как правило, ночью, когда возможно использование свободной электроэнергии и энергия других электростанций преобразуется в по-

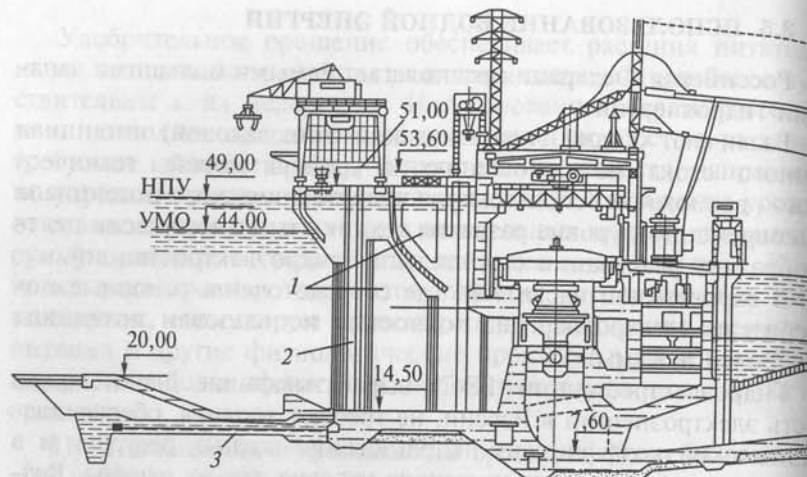


Рис. 3.19. Схема русловой ГЭС:

1 — прорези в быках; 2 — пазы в быках; 3 — анкерный понур

тенциальную энергию воды, запасенной в верхнем водохранилище ГАЭС. В турбинном режиме ГАЭС срабатывает запасенную воду в часы максимальной (пиковой) нагрузки энергосистемы и отдает в сеть наиболее ценную пиковую мощность.

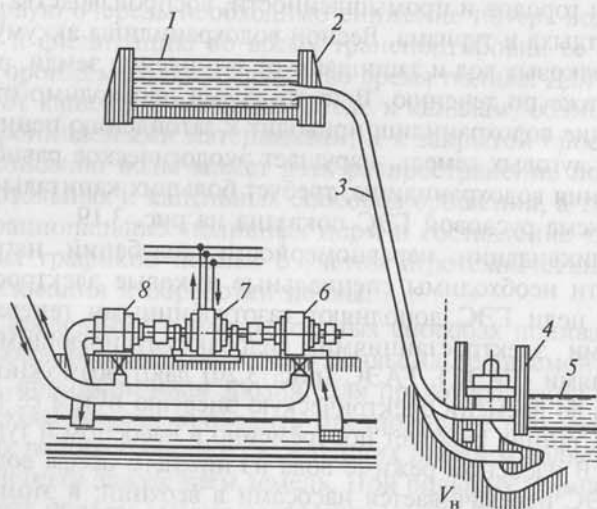


Рис. 3.20. Схема гидроаккумулирующей электростанции:

1 — верхнее водохранилище; 2 — напорный бассейн; 3 — напорный трубопровод; 4 — машинное здание; 5 — нижнее водохранилище; 6 — насос; 7 — двигатель-генератор; 8 — турбина

В водохозяйственном комплексе используют в основном плотинные ГЭС, так как им сопутствует такой важный элемент, как водохранилище, которое используется многими участниками комплекса.

Плотинные гидроузлы строят как на равнинных, так и на горных реках. На равнинных реках плотины обычно невысокие, создающие напор до 40 м. Здание ГЭС в таких гидроузлах располагают в общем створе подпорных сооружений. Компоновка русловых ГЭС показана на рис. 3.21.

Деривационные ГЭС размещают на перепаде оросительного канала, как это построено на канале Кубань — Калаусской обводнительной системы. В состав сооружений деривационной ГЭС с безнапорной деривацией входят головной водозаборный узел, деривация и сооружения, включающие напорный бассейн, турбинный трубопровод, холостой водосброс, здание станции, отводящий канал, бассейн суточного регулирования стока.

Головной узел сооружений включает плотину с паводковым водосбором и боковой водозабор с отстойным бассейном. Деривация осуществляется по открытым каналам, напорная деривация — по трубопроводам. Напорный бассейн связывает безнапорную деривацию с напорными водоводами (трубопроводом или шахтой). В оросительно-энергетических системах напорные

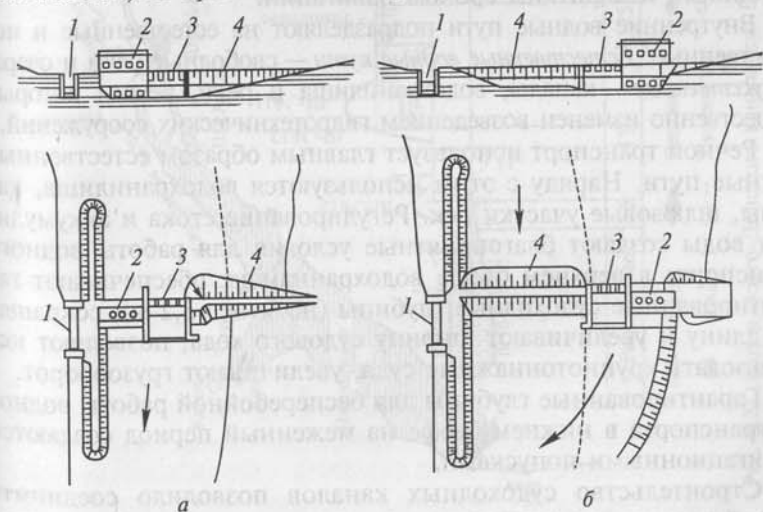


Рис. 3.21. Компонировка ГЭС в низконапорных гидроузлах:

а — русловая; б — пойменная; 1 — судопропускной шлюз; 2 — здание станции; 3 — водосливная плотина; 4 — глухая плотина

бассейны выполняют роль распределителя воды между ГЭС и оросительным или обводнительным каналом.

Здания ГЭС являются наиболее сложными сооружениями. В них размещают оборудование для преобразования гидравлической энергии в электрическую. Машинные здания разнообразны по конструкции.

Все здания разделяют на русловые, приплотинные и деривационные.

3.6. ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЛЕСОСПЛАВ

Крупным водопользователем в системе водного хозяйства страны является водный транспорт, не утративший своего значения и в наши дни.

Водный транспорт самым тесным образом связан с комплексным освоением водных ресурсов. Внутренним водным транспортом пользуются для перевозок на большие расстояния крупнотоннажных грузов (угля, нефти, леса, зерна, стройматериалов и т. д.). Большое значение этот вид транспорта имеет в северных и северо-восточных районах нашей страны, богатых разнообразными полезными ископаемыми и многоводными реками. Однако перевозки по воде здесь осложняются суровыми природными условиями и коротким сроком навигации.

Внутренние водные пути подразделяют на естественные и искусственные. *Естественные водные пути* — свободные реки и озера, *искусственные* — каналы, водохранилища и реки, режим которых существенно изменен возведением гидротехнических сооружений.

Речной транспорт использует главным образом естественные водные пути. Наряду с этим используются водохранилища, каналы, шлюзовые участки рек. Регулирование стока и аккумуляция воды создают благоприятные условия для работы водного транспорта в верхнем бьефе водохранилища: обеспечивают гарантированные судоходные глубины (не менее 3,2 м), сокращают длину и увеличивают ширину судового хода, позволяют использовать крупнотоннажные суда, увеличивают грузооборот.

Гарантированные глубины для бесперебойной работы водного транспорта в нижнем бьефе на меженный период создаются навигационными пусками.

Строительство судоходных каналов позволило соединить бассейны ряда рек и создать крупные водно-транспортные системы, имеющие большое хозяйственное значение. Так, сооружение Волго-Донского (рис. 3.22) и Волго-Балтийского кана-

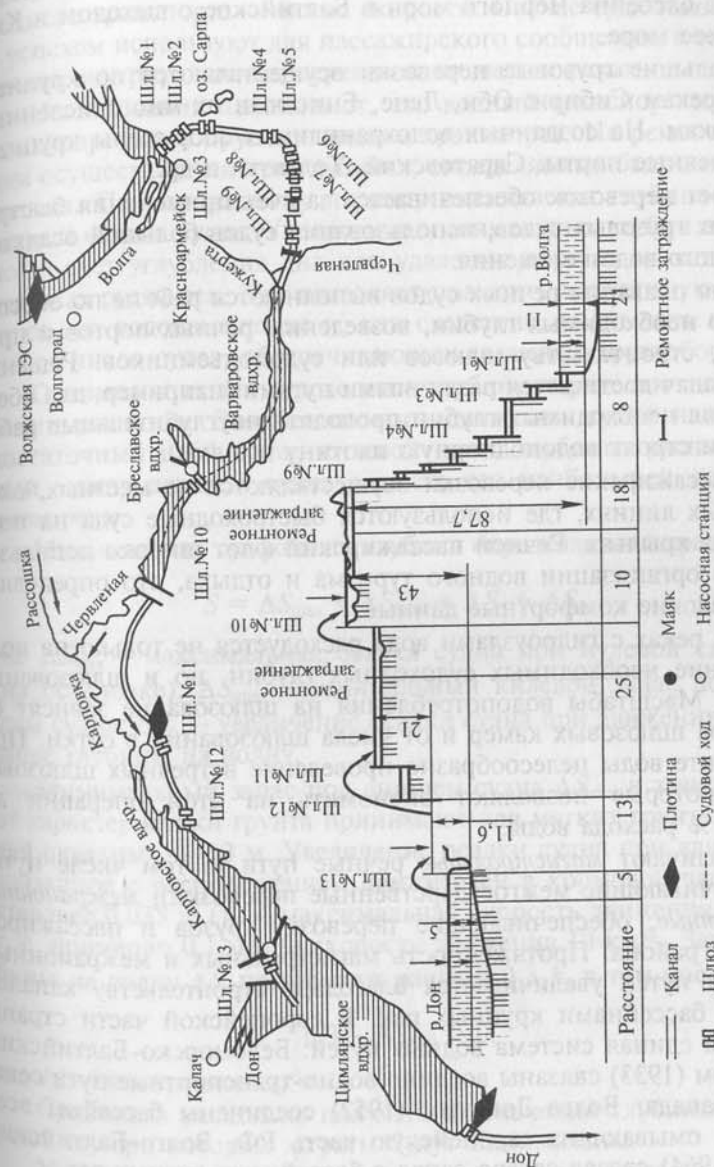


Рис. 3.22. Схема Волго-Донского канала им. В.И. Ленина (размеры в м)

лов позволило создать в европейской части РФ крупнейшую водно-транспортную систему, обеспечивающую перевозку грузов из бассейна Черного моря в Балтийское с выходом в Каспийское море.

Большие грузовые перевозки осуществляются по крупнейшим рекам Сибири: Оби, Лене, Енисею и их многочисленным притокам. На созданных водохранилищах сооружены крупнейшие речные порты: Саратовский, Тольятти и др.

Рост перевозок обеспечивается за счет применения быстроходных грузовых судов, использования судов большой осадки и большого водоизмещения.

Для плавания речных судов выполняются работы по обеспечению необходимых глубин, возведению речных портов и причалов, строительству шлюзов или судоподъемников. Решение этих задач достигается различными путями (например, для обеспечения необходимых глубин проводят дноуглубительные работы или строят водоподпорную плотину и шлюз).

Пассажирские перевозки осуществляются на местных, скоростных линиях, где используются быстроходные суда на подводных крыльях. Речной пассажирский флот широко используется в организации водного туризма и отдыха, что определяет его высокие комфортные данные.

На реках с гидроузлами вода расходуется не только на поддержание необходимых судоходных глубин, но и шлюзование судов. Масштабы водопотребления на шлюзование зависят от размера шлюзовых камер и от числа шлюзований в сутки. При дефиците воды целесообразно проведение встречных шлюзований, которые позволяют экономить на этой операции до 20...30 % расхода воды.

Различают *магистральные* речные пути (в том числе пути, обеспечивающие межгосударственные перевозки), *межрайонные* и *местные*, обеспечивающие перевозку грузов и пассажиров внутри района. Протяженность магистральных и межрайонных водных путей увеличивается благодаря строительству каналов между бассейнами крупных рек. В европейской части страны создана единая система водных путей: Беломорско-Балтийским каналом (1933) связаны воедино водно-транспортные пути севера и запада; Волго-Донским (1952) соединены бассейны всех морей, омывающих европейскую часть РФ, Волго-Балтийский путь (1964) связал северо-запад с бассейнами южных рек.

Научно-технический прогресс позволил существенно расширить возможности водного транспорта. Использование судов на

подводных крыльях и на воздушной подушке позволяет преодолеть мелководье и ликвидирует самый существенный недостаток водного транспорта — малые скорости. Сейчас суда такого типа с успехом используют для пассажирского сообщения, в том числе для внутрирайонных перевозок по малым рекам.

Исследования показывают, что водный транспорт способен конкурировать с другими видами транспорта. На реках навигация осуществляется при глубинах, определяемых бытовыми расходами. По маловодному периоду оценивается глубина допускаемой осадки судов. Увеличение минимальных глубин возможно за счет углубления дна или удаления порогов на отдельных участках русла рек. Это позволяет повысить допустимую осадку судов, их водоизмещение и, как следствие, уменьшить необходимое число судов, обеспечивающих заданный грузооборот.

Оптимальную для судоходства глубину определяют на основании расчетов. Для безопасного движения судов необходим достаточный слой воды, килевой запас глубины, расположенный между днищем судна в месте его наибольшей осадки и дном реки.

Минимальная судоходная глубина определяется выражением:

$$S = \Delta S_{\max} + \Delta S_{\min} + \Delta S_0 + \Delta S_b, \quad (3.23)$$

где $\Delta S_{\max}$ — максимальная осадка судна при нулевой скорости (на остановке); $\Delta S_{\min}$ — минимальный килевой запас под днищем судна; ΔS_0 — увеличение осадки судна при движении; ΔS_b — запас глубины на волну.

Минимальный запас под днищем судна $\Delta S_{\min}$ в зависимости от характеристики грунта принимают для мягких грунтов 0,1 м, для скальных — 0,3 м. Увеличение осадки судна при движении, связанное с расположением движителей в кормовой части, составляет $0,035 v_0$ (v_0 — максимальная скорость движения судна), т. е. примерно 0,1 м при скорости движения 10 км/ч. Запас глубины на волну ΔS_b принимают равным $0,3 h_b$ в том числе, если

$$0,3 - \Delta S_{\min} > 0, \quad (3.24)$$

где h_b — высота волны, м.

Сравнивая несколько полученных значений глубины, выбирают то, при котором затраты будут минимальны.

Увеличение грузооборота в водном транспорте связано с применением судов, имеющих большую скорость хода и большее водоизмещение. Однако увеличение водоизмещения приво-

дит к более низкой осадке судна. Это сопряжено с необходимостью искусственного повышения судоходных глубин либо путем проведения дноуглубительных работ, либо шлюзованием данного участка реки.

Сооружениями речного порта являются его причалы для погрузочно-разгрузочных операций. Основными факторами, определяющими эксплуатационные качества и пропускную способность порта являются конструкция, расположение, оборудование, класс капитальности, общая длина причала.

Причалные сооружения бывают стационарные и плавучие. Основные типы причалов (рис. 3.23): вертикальный (вариант I), откосные (варианты II и III) и комбинированные (варианты IV и V).

Наиболее распространены вертикальные конструкции причалов, к которым суда подходят вплотную бортом и могут швартоваться в течение всей навигации при всех возможных отметках уровня воды.

Для пропуска судов при значительном перепаде уровней между верхним и нижним бьефами возводят судоподъемное сооружение. Судоподъемники бывают вертикальные, продольные наклонные, поперечные наклонные или клиновые. Вид судоподъемника определяют с учетом следующих факторов: водоизмещения расчетного судна; обеспеченности верхнего бьефа гидроузла водой, которая используется для пропуска судов; перепада уровней; амплитуды колебаний воды в верхнем и нижнем бьефах.

Лесосплав является видом специального водопользования. Около 90 % всей древесины, заготовленной в нашей стране, транспортируется по воде. Лесосплав, как и судоходство, не предъявляет требований к качеству воды, но сам является источником загрязнения водотоков затонувшей древесиной и различными ее отходами. Молевой сплав леса в настоящее время запрещен законом и допускается лишь в исключительных случаях.

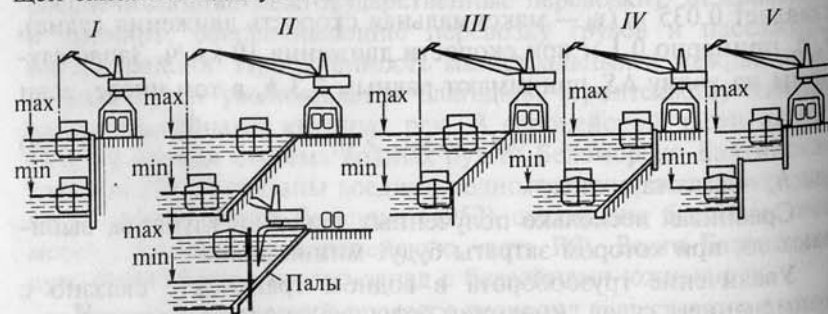


Рис. 3.23. Типы речных причалов (I...V)

3.7. РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Рыбное хозяйство страны включает в себя ведение рыбодовства на всей акватории Мирового океана и освоение рыбных ресурсов внутренних рек, озер и водохранилищ. Рыбная продукция составляет существенную долю в обеспечении питания населения.

Осетровые (осетр, стерлядь, калуга, шип, лопатонус), а также лососевые (лосось, горбуша, кета, семга, белорыбца, кижуч и др.) являются рыбами проходными. Они нагуливаются в море, а для размножения заходят в реки, поднимаясь для нереста на сотни и тысячи километров до каменистых гряд и перекатов с незаиленным дном.

Частиковые породы рыб (вобла, тарань, судак, сазан, лещ, жерех, рыбец и др.) являются полупроходными. Они нагуливаются в море, озере, водохранилище, а для размножения заходят в дельты рек и пойменные системы, периодически затопливаемые в период весеннего половодья. Рыб с оседлым образом жизни называют туводными (жилыми). К ним относятся окунь, щука, карась, линь и др.

Эффективность рыбного промысла определяет добывающий флот, суда которого имеют технологическое оборудование для переработки улова в полуфабрикаты или готовую продукцию. При этом важно расширение береговых предприятий и сооружений рыбного хозяйства: доремонтных предприятий, рыбных портов, консервных и копильных заводов. Истощение естественных рыбных запасов в отдельных районах страны требует интенсификации искусственного рыбоводства и восстановления рыбных запасов.

Под товарным рыбопроизводством понимают выращивание пищевой рыбы в прудах, садках и др. Воспроизводство рыбных запасов осуществляется в основном разведением и выращиванием молоди рыб для заселения естественных и искусственных водохранилищ. Важным рыбохозяйственным мероприятием является строительство рыбохозяйственных сооружений: рыбоходов, судоподъемников, защитных рыбозаградительных конструкций, искусственных нерестилищ, гидротехнических сооружений по поддержанию необходимого водного режима.

При комплексном водопользовании необходимо предусматривать меры по сохранению естественных рыбных запасов, развитию искусственного рыбоводства и восстановлению рыбных запасов. Интересы рыбного хозяйства следует учитывать при разработке и

проведении любых водохозяйственных мероприятий. Процессы воспроизводства промысловых рыб протекают стихийно в условиях естественного режима водоемов, поэтому в стране ведется планомерное рыборазведение. Для этого строят рыбоводные заводы для инкубации икры, создают нерестово-выростные хозяйства, широко развивают рыбные хозяйства на прудах и озерах.

Нормальное обитание и воспроизводство рыбы требуют соответствующей глубины и температуры воды, особенно во время нереста и развития молоди, необходимой кормовой базы и достаточного количества растворенного кислорода, отсутствия в воде токсичных и ядовитых веществ и т. д. Поэтому требования рыбного хозяйства к количественному и качественному состоянию водных ресурсов очень высоки.

Хозяйственное воздействие человека на природную среду наносит существенный ущерб водному хозяйству. В связи с этим при ведении рыбного хозяйства следует учитывать возможные факторы загрязнения воды в результате интенсивного развития синезеленых водорослей и высшей водной растительности. Пагубно влияет на развитие рыбного хозяйства сокращение поступления пресной воды во внутренние моря и водоемы, приводящее к снижению уровней и ареалов обитания рыб и к повышению солености. Ущерб рыбному хозяйству наносят водозаборные сооружения, не имеющие специальных рыбозащитных устройств. Крупные насосные станции оросительных систем засасывают вместе с водой огромное количество рыбной молоди.

В РФ разработаны мероприятия по сохранению естественного воспроизводства и разведения рыб на рыбных заводах и нерестово-выростных хозяйствах. Для сохранения естественного воспроизводства проходных и полупроходных рыб предусматривается пропуск через гидроузлы производителей, идущих на нерест, и обратный скат молоди в местах нагула. Водозаборные сооружения и другие опасные места во всех случаях оборудуют рыбозащитными и направляющими устройствами. В искусственных прудах и водоемах, в нерестилищах и путях миграции рыбы создают благоприятные гидробиологические режимы путем паводковых пусков воды из водохранилищ. Они позволяют регулировать водный, солевой и гидробиологический режимы.

Каспийское море занимает центральное место в воспроизводстве рыбной продукции. В нем сохранились значительные стада осетровых. Кроме того, море богато белугой, севрюгой, шипом, лососем и сельдью. Каспийские проходные рыбы нерес-

тятся в Волге, на Урале, но Волга зарегулирована каскадом гидроузлов, что сказывается на воспроизводстве молоди.

Рыбопропускные сооружения предназначены для пропуска проходных и полупроходных рыб из нижнего в верхний бьеф с целью естественного их воспроизводства. Они делятся на рыбоходные и рыбоподъемные. При напоре воды гидроузла менее 10 м возводятся рыбоходные сооружения в виде обходных каналов, лотков и прудков, в которых рыба самостоятельно способна преодолеть разность высоты между отметками верхнего и нижнего бьефов. Схемы рыбоходных сооружений представлены на рис. 3.24.

Рыбоподъемные сооружения предусматривают для перемещения рыб в верхний бьеф путем шлюзования или транспортирования в специальных емкостях. Эти сооружения возводят на крупных равнинных реках с разнообразной ихтиофауной, а также на каскадах близко расположенных гидроузлов.

Параметры рыбопропускных сооружений определяют в зависимости от допустимых скоростей потока: пороговой (скорость течения, при которой у рыбы появляется реакция на поток воды); сносной (скорость течения, при которой рыбу сносит поток воды); рывковой (наибольшая скорость течения, которую рыба может преодолеть в течение малого промежутка времени). Рыбоподъемные сооружения бывают стационарные и передвижные (плавучие).

Стационарные сооружения предусматривают тогда, когда места концентрации рыбы не зависят от режима работы гидроузла и потоки рыбы можно сконцентрировать направляющими устройствами.

Передвижные сооружения устраивают при неблагоприятных и сложных гидрологических условиях для строительства стационарных сооружений, а также в рассредоточенных и периодически меняющихся местах концентрации рыбных потоков.

Рыбоподъемные сооружения предназначены для перемещения рыбы из нижнего в верхний бьеф. К рыбоподъемникам относят рыбопропускные шлюзы, гидравлические и механические подъемники, а также мобильные плавучие установки. Эти сооружения имеют дополнительные устройства с подсветкой (ихтиологические площадки), позволяющие осуществлять контроль за перемещением рыб, их видовым составом и численностью.

Рыбопропускной шлюз по принципу работы аналогичен суходоходному. Он снабжен блоком питания, создающим привлекающий поток воды в нижнем бьефе; лотком-рыбонакопителем; побудительными сетками для перевода рыб из рыбонакопителя

a — лотковые; *б* — прудковые; *в* — лестничные; *1* — пазы ремонтных заграждений; *2* — регулятор расхода воды; *3* — гаситель скорости воды в тракте; *4* — подходной участок; *5* — камера тракта; *б* — прудки для отдыха; *7* — блок питания; *8* — ихтиологическое устройство; *9* — отдельные стенки; *l*₁ — входной оголовок; *l*₂ — тракт; *l*₃ — голова канала

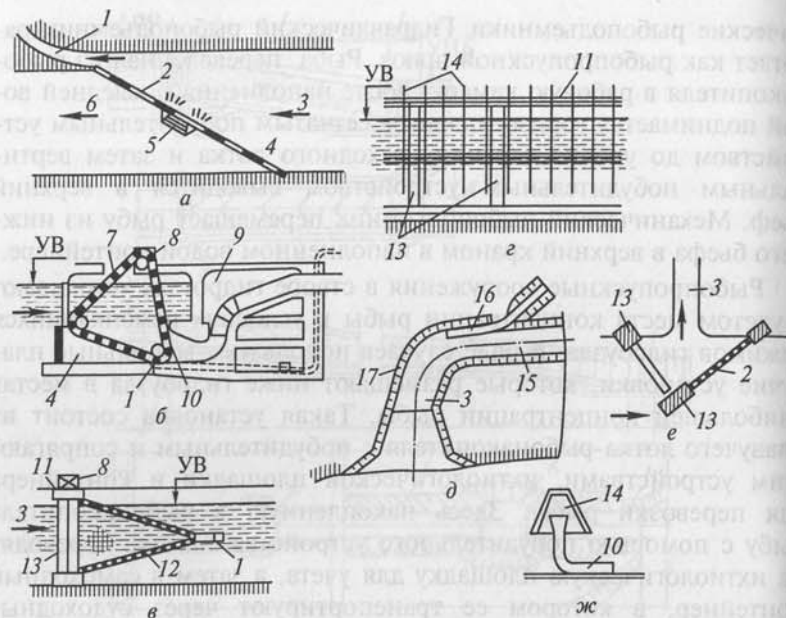


Рис. 3.25. Основные виды рыбозащитных сооружений:
 а — плоские сетки с рыбоотводом; б — ленточные вращающиеся сетки с рыбоотводом; в — конусные с рыбоотводом; г — электрические рыбозаградители; д — обходные тракты (каналы); е — перемещающиеся зоны ограждения; ж — зонтичные оголовки водозаборов; 1, 16 — рыбоотводящий тракт и его оголовки; 2 — рыбозаградительный экран; 3, 15, 17 — водозаборный магистральный и криволинейный каналы; 4 — аванкамера; 5 — промывное устройство; 6 — арьеркамера; 7 — вращающаяся сетка; 8 — привод; 9 — насосная станция; 10 — водозабор насосной станции; 11 — мост; 12 — конусный рыбозаградитель; 13 — опорные быки; 14 — зонтичный оголовок

Физиологически рыбозащитные устройства и жалюзи целесообразны для защиты взрослых особей и поздней молоди, реагирующих на различные раздражители и ориентиры.

Сетчатые рыбозаградители предотвращают попадание рыбы в водозаборы.

Водохранилища создают водные пространства для разведения рыбы. Для успешного ведения рыбного хозяйства проводятся следующие мероприятия: расчистка ложа водохранилища от леса и кустарника, мелиорация нерестилищ, строительство рыбоводных заводов. Водохранилища резко изменяют ихтиологические условия рек. Вместо быстротекущих рек образуются слаботочные водоемы, изменяются уровенные и температурные режимы. Это приводит к исчезновению ценных и появлению преимущественно «сорных» рыб. Из водохранилища Крас-

ноярской ГЭС исчезли осетр, таймень, стерлядь, хариус, ленок. Большинство построенных водохранилищ имеет низкую рыбопродуктивность.

Наиболее ценной по вкусовым качествам является продукция пресноводных водоемов. Поэтому большое значение придается искусственным рыбоводным предприятиям: рыбопитомникам для получения посадочного материала и нагульным прудам (рис. 3.26).

Рыбопродуктивность прудового рыбного хозяйства значительно выше, чем в естественных водоемах и водохранилищах, за счет создания наиболее благоприятных гидробиологических условий и искусственного кормления рыб. В последние годы широкое распространение получило садковое рыбное хозяйство. В нем нагул рыбы осуществляется в специальных сетчатых садках, удерживаемых в водоемах с помощью понтонов. При искусственном кормлении и большой плотности посадки в садках получают бестера 150...180 т/га. Многие хозяйства выращивают в садках форель. Садковые хозяйства целесообразны на прудах-охладителях ТЭС, где теплые воды увеличивают вегетационный период и скорость роста рыб.

Теплые воды при развитии рыболовства используют при создании полносистемных рыбоводных хозяйств с бассейнами, сетчатыми садками, цехами для икры и приготовления корма (непрерывная технология получения посадочного материала и выращивания на протяжении всего периода года); в водохранилищах-охладителях для нагула теплолюбивых рыб (карп и др.); при организации питомников по выращиванию посадочного материала для товарных хозяйств, сочетающих прудовое и садковое рыбоводство.

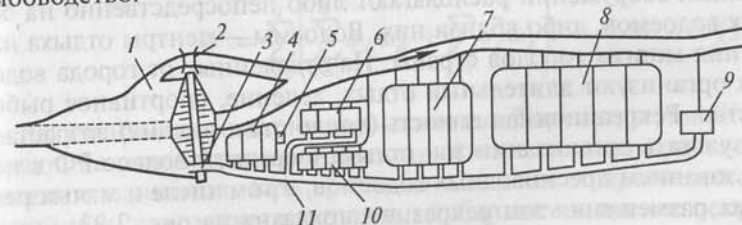


Рис. 3.26. Схема рыбохозяйственного комплекса:

1 — головной пруд; 2 — паводковый водосброс; 3 — водозабор; 4 — зимовальные пруды; 5 — садки; 6 — летние маточные пруды; 7 — выростные пруды; 8 — нагульные пруды; 9 — карантинный пруд; 10 — нерестовые пруды; 11 — магистральный канал

Наиболее прогрессивным является метод выращивания рыбы в бассейнах (железобетонные сооружения с регулируемым расходом воды, обеспечивающим температуру в течение всего года). Наряду с этим в теплой воде интенсивно развиваются паразиты, вызывающие заболевание рыб и снижение качества продукции. Не решены вопросы удаления остатков корма рыб, снижающих качество воды. Проблемы рыбного хозяйства должны решаться с участием государственных учреждений, занимающихся комплексным использованием водных ресурсов.

Для успешного развития рыбного хозяйства необходимо выполнение следующих условий: полное прекращение загрязнения природных вод; поддержание оптимальных режимов уровней и солености морей за счет подпитывания их извне или создания специальных регулирующих сооружений; реконструкция старых и строительство новых рыбопускных сооружений в составе гидрозлов на реках, имеющих большое рыбопромысловое значение; повышение рыбохозяйственной эффективности существующих и вновь создаваемых водохранилищ путем проведения комплексных мелиоративных мероприятий; обеспечение благоприятных условий для размножения ценных видов рыб в низовьях рек за счет попусков из водохранилищ, а также строительство вододелиителей и создание комплекса специальных устройств, обеспечивающих воспроизводство рыб; дальнейшее расширение и создание новых прудовых рыбоводных хозяйств.

3.8. ВОДНЫЕ РЕКРЕАЦИИ

Важной областью водопользования является организация отдыха и укрепление здоровья населения. Большую часть рекреационных сооружений располагают либо непосредственно на берегах водоемов, либо вблизи них. Водоемы — центры отдыха населения многих городов страны. На отдаленных от города водоемах организуют длительный отдых, лечение, спортивное рыболовство. Рекреационная емкость (число отдыхающих) возрастает в результате организации зон отдыха в средней полосе РФ с использованием пресноводных водоемов, в том числе и малых рек. Схема размещения зон рекреации показана на рис. 3.27.

Площадь территории рекреации, m^2 , равна

$$A = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^q \omega_{ik} + \sum_{j=1}^l \omega'_{ij} \right), \quad (3.25)$$

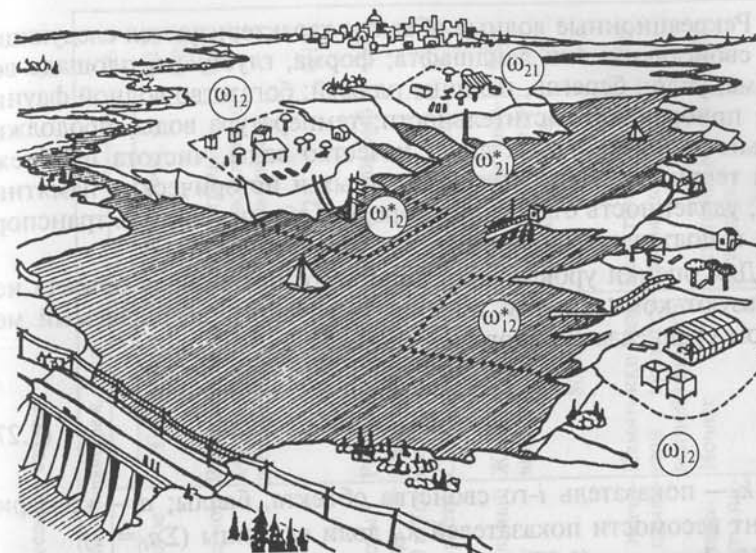


Рис. 3.27. Схема размещения зон рекреации на водохранилище:
 ω — зона отдыха на берегу; ω^* — зона отдыха на воде

где ω и ω' — зона отдыха соответственно на берегу и на воде; i — виды отдыха, которых в общем случае может быть n ; q , l — прибрежная территория и акватория с наибольшим числом зон отдыха.

Обозначив удельную допустимую нагрузку в пределах зоны рекреации через a для суши и a' для водной поверхности, можно определить суммарную нагрузку рекреационной системы W по формуле

$$W = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^q a_{ik} \omega_{ik} + \sum_{j=1}^l a'_{ij} \omega'_{ij} \right). \quad (3.26)$$

Величины a и a' еще не нормированы. Параметры A и W выбирают на основе технико-экономического анализа при сопоставлении вариантов. Критерием оптимальности проектных решений при этом может выступать наибольшее значение рекреационного потенциала при наименьших приведенных затратах. Освоение вновь созданных объектов рекреации — длительный процесс, поэтому в расчетах необходимо учитывать фактор времени и оперировать динамическими приведенными затратами, а также требованиями СНиПа.

Наиболее прогрессивным является метод выращивания рыбы в бассейнах (железобетонные сооружения с регулируемым расходом воды, обеспечивающим температуру в течение всего года). Наряду с этим в теплой воде интенсивно развиваются паразиты, вызывающие заболевание рыб и снижение качества продукции. Не решены вопросы удаления остатков корма рыб, снижающих качество воды. Проблемы рыбного хозяйства должны решаться с участием государственных учреждений, занимающихся комплексным использованием водных ресурсов.

Для успешного развития рыбного хозяйства необходимо выполнение следующих условий: полное прекращение загрязнения природных вод; поддержание оптимальных режимов уровней и солености морей за счет подпитывания их извне или создания специальных регулирующих сооружений; реконструкция старых и строительство новых рыбопускных сооружений в составе гидрозлов на реках, имеющих большое рыбопромысловое значение; повышение рыбохозяйственной эффективности существующих и вновь создаваемых водохранилищ путем проведения комплексных мелиоративных мероприятий; обеспечение благоприятных условий для размножения ценных видов рыб в низовьях рек за счет попусков из водохранилищ, а также строительство вододелиителей и создание комплекса специальных устройств, обеспечивающих воспроизводство рыб; дальнейшее расширение и создание новых прудовых рыбоводных хозяйств.

3.8. ВОДНЫЕ РЕКРЕАЦИИ

Важной областью водопользования является организация отдыха и укрепление здоровья населения. Большую часть рекреационных сооружений располагают либо непосредственно на берегах водоемов, либо вблизи них. Водоемы — центры отдыха населения многих городов страны. На отдаленных от города водоемах организуют длительный отдых, лечение, спортивное рыболовство. Рекреационная емкость (число отдыхающих) возрастает в результате организации зон отдыха в средней полосе РФ с использованием пресноводных водоемов, в том числе и малых рек. Схема размещения зон рекреации показана на рис. 3.27.

Площадь территории рекреации, m^2 , равна

$$A = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^q \omega_{ik} + \sum_{j=1}^l \omega'_{ij} \right), \quad (3.25)$$

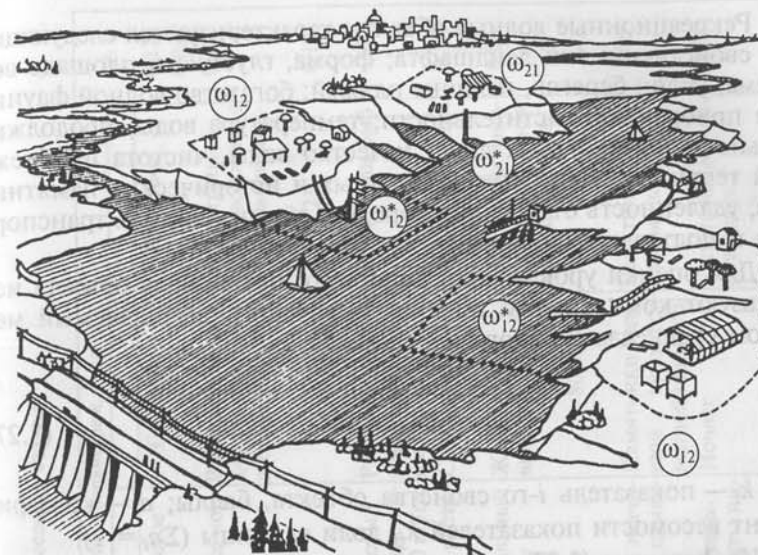


Рис. 3.27. Схема размещения зон рекреации на водохранилище:
 ω — зона отдыха на берегу; ω^* — зона отдыха на воде

где ω и ω' — зона отдыха соответственно на берегу и на воде; i — виды отдыха, которых в общем случае может быть n ; q , l — прибрежная территория и акватория с наибольшим числом зон отдыха.

Обозначив удельную допустимую нагрузку в пределах зоны рекреации через a для суши и a' для водной поверхности, можно определить суммарную нагрузку рекреационной системы W по формуле

$$W = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^q a_{ik} \omega_{ik} + \sum_{j=1}^l a'_{ij} \omega'_{ij} \right). \quad (3.26)$$

Величины a и a' еще не нормированы. Параметры A и W выбирают на основе технико-экономического анализа при сопоставлении вариантов. Критерием оптимальности проектных решений при этом может выступать наибольшее значение рекреационного потенциала при наименьших приведенных затратах. Освоение вновь созданных объектов рекреации — длительный процесс, поэтому в расчетах необходимо учитывать фактор времени и оперировать динамическими приведенными затратами, а также требованиями СНиПа.

Рекреационные водные объекты характеризуются следующими свойствами: тип ландшафта; форма, глубина и площадь водоема, уклон берегов, наличие пляжей; богатство водной фауны, тип прибрежной растительности; температура воды, продолжительность комфортных дней; качество воды, чистота прибрежной территории; наличие природных и исторических памятников; удаленность от крупных городов, обеспеченность транспортом и подъездными путями.

Для оценки уровня рекреационного потенциала объекта используют комплексный показатель качества, вычисляемый методом средневзвешенного

$$k = \sum_{i=1}^n k_i a_i, \quad (3.27)$$

где k_i — показатель i -го свойства объекта, баллы; a_i — коэффициент весомости показателей k_i , доли единицы ($\sum a_i = 1$).

Из формулы (3.27) следует, что k характеризует n различных свойств водного объекта, используемого в рекреационных целях. Оценка рекреационных свойств водного объекта в баллах (по пятибалльной системе) и отвечающие им коэффициенты весомости приведены в табл. 3.9.

При использовании водоемов для отдыха должны выполняться высокие требования к качеству воды и определенные требования к режиму водоемов. Особенно это важно в бассейнах и в водоемах, предназначенных для купания и спортивного рыболовства. Поэтому организованные места массового отдыха на воде включают в зоны санитарной охраны. Водо- и грязелечебницы и санатории расходуют на одного больного 400...500 л/сут воды, а иногда до 800 л/сут. В плавательных бассейнах (в закрытых помещениях) расходуется на одного человека в сутки до 100 л воды с учетом приема душа, а на стадионах и в спортзалах — до 50 л. При проектировании спортивных комплексов предусматривают расход воды на нужды зрителей из расчета 3 л/сут.

Районы купания и рыболовства должны отличаться высоким качеством воды. Поэтому вблизи зон отдыха недопустим выпуск промышленных стоков или сточных вод, а прибрежные полосы и дно водоемов следует периодически чистить. Для таких видов спорта, как гребля, парусный спорт, водные лыжи, качество воды не играет решающей роли, но поскольку они обычно сочетаются с купанием, к качеству воды и в этих случаях предъявляются высокие требования. В ряде мест использование моторных

Таблица 3.9. Оценка рекреационных свойств водного объекта для массового отдыха

Свойство	Количественная характеристика параметра k , балл					a_i
	1	2	3	4	5	
Дно водоема	Илисто-торфяное	Глинистое	Каменное	Гравийное	Песчаное	0,12
Ширина мелководья, м	50	40	30	20	10	0,08
Качество воды	С видимыми следами загрязнений	С содержанием пахов и взвеси сверх норм	В пределах норм	В пределах нормы для питьевого водоснабжения	Исключительно чистые водоемы с ключевым питанием	0,15
Площадь прибрежной культурной зоны, м ² /чел.	17	18	19	20	21	0,15
Водная фауна	Бедный вид и малочисленный состав иктиофауны	Ихтиопродуктивность 5...15 кг/га	Промысловый вид продуктивностью 30 кг/га	Рациональный состав иктиофауны	Ценные виды рыб	0,1
Прибрежная растительность	Болотистая с редким кустарником	Мелколесье и сломанные леса	Луговая растительность	Смешанный лес	Светлые сосновые леса	0,12
Эстетика ландшафтов	Слабая выразительность рельефа	Однообразный ландшафт	Выразительный ландшафт	Живописные виды ландшафта	Яркие многоплановые живописные виды ландшафта	0,08
Площадь акватории, м ² /чел.	Менее 50	60	70	80	90	0,1
Историко-культурные памятники	Отсутствие достопримечательностей	Рядовые памятники	Более значительные памятники	Памятники большой художественной ценности	Памятники, охраняемые законом	0,05
Уровень благоустройства	Незначительное благоустройство	Дополнительное благоустройство пляжей	Дополнительные пункты питания	Ночлег	Капитальные сооружения	0,05

лодок и катеров в целях охраны водоемов и водотоков от загрязнения горючими смазочными веществами и от переработки берегов волной резко ограничено, особенно на малых реках.

Все зоны отдыха, включающие прибрежные полосы и акватории, должны находиться под постоянным контролем и наблюдением; на их территории исключается всякое строительство. Эффективность этого вида водопользования далеко не всегда может быть оценена простым экономическим эффектом, так как оно служит прежде всего для удовлетворения социальных потребностей населения. Всякая территориальная рекреационная система должна быть управляемой. Умелое и комплексное управление развитием объектов рекреации сохраняют природные ресурсы от истощения и загрязнения.

При проектировании раздел водных рекреаций охватывает разработку предложений по охране атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, растительного и животного мира. Создание нормальных условий для функционирования водных рекреаций неразделимо с улучшением санитарно-гигиенических и санитарно-эпидемиологических условий, обогащением ландшафта и других факторов, способствующих сохранению экологического равновесия и развитию экономики. Для решения этих задач следует проанализировать состояние окружающей среды (характеристика современного состояния, выявление имеющихся диспропорций и недостатков) с учетом имеющихся промышленных и хозяйственных ресурсов. Для получения экологической характеристики территории, занятой водной рекреацией, следует рассмотреть следующие вопросы: состояние окружающей среды в результате воздействия на нее системы хозяйства, природопользования, расселения и использования территории; сопоставление антропогенных нагрузок и их влияние на природную среду (плотность населения, уровень развития промышленного и сельскохозяйственного производства, степень токсичности промышленности и сельского хозяйства и т. д.).

При развитии промышленного и гражданского строительства необходимо знать демографическую емкость района. Демографическая емкость района рассчитывается, когда перспективная плотность населения превышает 50...60 чел./км². Частичная демографическая емкость по наличию территорий, пригодных для промышленного и гражданского строительства, рассчитывается по формуле:

$$E_1 = A_1/A_0, \quad (3.28)$$

где A_1 — территории, получившие наивысшую оценку, га; A_0 — потребность жителя в территории в зависимости от характера производственной базы района, составляющая 20...30 га.

Частная демографическая емкость территории по *поверхностным водам* (чел.) составляет:

$$E_2 = Q/\Sigma B_n k, \quad (3.29)$$

где B_n — нормативная водообеспеченность одного жителя, м³/сут; k — коэффициент, учитывающий необходимость разбавления сточных вод, на реках южного стока $k = 0, 25$, на реках северного стока $k = 0,1$; Q — сумма расхода воды в водотоках при входе в район, м³/сут.

Частная демографическая емкость территории по *подземным водам* (чел.) составляет:

$$E_3 = \Sigma \mathcal{A}/B_n, \quad (3.30)$$

где $\mathcal{A}$ — эксплуатационный модуль подземного стока, м³/(сут · га); A — территория района, га; B_n — нормативная обеспеченность одного жителя, $B_n = 0,40$ м³/сут.

При определении демографической емкости территории по наличию рекреационных ресурсов ориентировочно принимают: численность отдыхающих в «пиковый» период составляет 40 % населения района, которое в местностях с умеренным климатом распределяется следующим образом: в лесу — 75, у воды — 25; в районах с жарким сухим климатом: в лесу — 25, у воды — 75 %. Таким образом, частная демографическая емкость территории по условиям организации отдыха в лесу (чел.) равняется:

$$E_4 = AL 0,5[1000/(100 HM)], \quad (3.31)$$

где A — территория района, га; L — лесистость района, %; 0,5 — коэффициент, учитывающий необходимость организации зеленых зон городов; H — ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в рекреационных территориях (при средней допустимой рекреационной нагрузке 5 чел./га этот норматив составляет 2 км², в других случаях он будет иным); M — коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды, для районов с умеренным климатом $M = 0,3$; для районов с жарким климатом $M = 0,1$.

По условиям организации отдыха у воды частная демографическая емкость территории (чел.) равна:

$$E_2 = Lc/(0,5 M_1), \quad (3.32)$$

где L — длина водотоков, пригодных для купания, м; c — коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в районах лесной и лесостепной зон $c = 0,5$; в районах степной зоны $c = 0,3$); $0,5$ — ориентировочный норматив потребности одного жителя в пляжах, м; M_1 — коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды (для районов с умеренным климатом $M_1 = 0,1 - 0,15$, а для районов с жарким сухим климатом $M_1 = 0,3 - 0,4$).

Частичные демографические емкости района (по территории, воде, рекреационным ресурсам, пригородной сельскохозяйственной базе) следует сопоставить между собой и в качестве окончательного показателя демографической емкости территории района принять наименьшее значение.

Репродуктивная способность водных ресурсов (поверхностных вод) определяется на основе модуля поверхностного стока данного участка территории и коэффициента, учитывающего неравномерность стока в зависимости от лесистости, вертикальной и горизонтальной расчлененности территории и из соотношения в районе участков с различным модулем поверхностного стока. Репродуктивность территории по воде (m^3) равна

$$\Pi = \sum_{i=1}^n A_i \lambda k_2, \quad (3.33)$$

где A_i — территория, занимаемая участками с данным модулем поверхностного стока, га; λ — модуль поверхностного стока данного участка, л/м²; k — коэффициент неравномерности, в зависимости от конкретных условий может быть принят $0,1 \dots 1,0$. Применительно к подземным водам определение репродуктивности территории производится аналогично, с учетом коэффициентов фильтрации и возможного отбора воды из подземных источников.

ГЛАВА 4

ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В результате хозяйственной деятельности возникает искусственный круговорот воды. При этом требуется очистка использованной воды (перед сбросом ее в водоем) и соответствующая подготовка природной воды перед подачей ее потребителю. Для любого объекта водопотребления такой круговорот можно условно представить в виде схемы (рис. 4.1), из которой видно, что природные водоемы одновременно служат источниками водоснабжения и приемниками сточных вод. Взаимозависимость элементов искусственного круговорота воды обязывает рассматривать процессы водоподготовки, использования воды, очистки сточных вод и самоочищения природных водоемов как взаимообусловленные звенья единой системы.

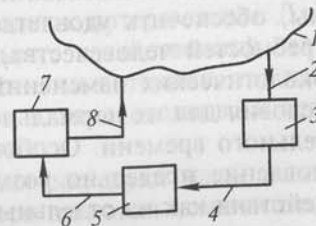


Рис. 4.1. Схема круговорота при потреблении воды:

1 — водоем; 2 — свежая природная вода; 3 — сооружения очистки природных вод; 4 — очищенная вода (питьевого качества); 5 — потребитель воды; 6 — сточные воды; 7 — очистные сооружения водоотводящей сети; 8 — очищенные сточные воды

4.1. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Жизнь человека неразрывно связана со средой обитания, откуда он получает все необходимое для своего существования: кислород, воду, основные виды пищи, энергию. Взаимоотношения человека и природы характеризуются извлечением из нее ценных составляющих, необходимых для его существования. Это находит свое выражение в производстве сельскохозяйственной продукции, разработке полезных ископаемых и выпуске промышленных товаров, заготовке лесоматериалов и ценной растительности, ловле рыбы, охоте на животных и птиц. Все это приводит к нарушению естественного равновесия, антагонизму

природных сообществ и постепенному истощению сырьевых ресурсов. В результате любого рода деятельности человека (физиологической, хозяйственной, производственной) появляются отходы, которые, поступая в окружающую среду, в большинстве случаев оказывают на нее отрицательное воздействие, что заметно снижает ее качественные показатели. В значительной мере это относится к водным ресурсам суши, интенсивное использование которых во многих районах способствовало их истощению и загрязнению.

Дальнейшее развитие общества немыслимо без строгого проведения системы социальных, экологических и технико-экономических мероприятий, направленных на регламентацию взаимоотношений человека и природы, с тем чтобы, с одной стороны, обеспечить удовлетворение материальных и духовных потребностей человечества, а с другой — не допустить серьезных экологических изменений в природных экосистемах и создать условия для их нормального функционирования в течение длительного времени. Особое значение в связи с этим имеет установление предельно возможных нагрузок антропогенного воздействия как на отдельные элементы природных сообществ, так и на их комплексы.

Социальные и экологические мероприятия предусматривают довольно сложные и дорогостоящие меры, включающие в себя решение многих вопросов международной и внутренней политики, воспитания и образования населения, экономических, юридических и правовых аспектов хозяйственной деятельности. Исследования и разработку мер в этих областях проводят в тесной связи с технико-экономическими мероприятиями.

Загрязнение природных вод обусловлено не только всевозрастающими масштабами промышленного и сельскохозяйственного производства, ростом городов, но и в значительной степени несовершенством их технологий. Активная защита природы от негативных последствий антропогенного воздействия возможна лишь при участии широкого круга специалистов, работающих в различных отраслях науки и техники.

Антропогенные (происходящие при участии человека) воздействия на природную среду могут быть подразделены на намеренные и ненамеренные. К *намеренным антропогенным воздействиям* относят изменения, связанные с удовлетворением потребностей человеческого общества (разработка сельскохозяйственных угодий, мелиорация земель, строительство городов и поселков). К *ненамеренным* относят обеднение почв крупных массивов

земель, уничтожение лесов, нарушение связей экосистем крупных озер, загрязнение Мирового океана, существенное закисление и засоление поверхностных вод и почв.

Среди основных причин негативного воздействия антропогенной деятельности на водные ресурсы можно выделить рост водопотребления, изменение режима (регулирование) водного стока с помощью водохранилищ, а также воздействие на почвенно-растительный покров территории и процессы стока.

Безвозвратное водопотребление на хозяйственные нужды не всегда отождествляется с уменьшением суммарного годового стока рек. Поэтому употребляемый в практике термин «безвозвратные потери» носит условный характер и справедлив лишь для небольших районов и отдельных речных бассейнов, для которых дополнительное испарение приводит к потерям воды. Для больших площадей испарение в результате хозяйственной деятельности не всегда является безвозвратными потерями, так как значительная часть воды возвращается в виде осадков, и тем больше, чем больше площадь территории.

При *прямоточной* схеме водоснабжения расходуют наибольшее количество воды, но безвозвратные потери при этом незначительны, почти вся вода после использования возвращается в водоемы в виде стоков. При *оборотной* схеме *отработанную* воду не сбрасывают обратно в водоемы, а подвергают **регенерации** после каждого технологического цикла и многократно используют в системе.

Совершенствование технологических процессов получает все большее распространение в различных отраслях промышленности. Влияние промышленности на водный баланс связано не только с увеличением водопотребления, но и с изменением условий формирования стока в результате горных выработок, сооружения на промышленных объектах крупных водозаборов подземных вод. С одной стороны, горные выработки и крупные водозаборы подземных вод приводят к снижению уровня грунтовых вод и созданию депрессионных воронок на площадях, иногда достигающих тысячи квадратных километров, что оказывает влияние на круговорот природных вод в речных бассейнах. Кроме того, водопонижения могут уменьшить естественный приток подземных вод в речную сеть, что приводит к уменьшению общего речного стока. С другой стороны, водоотведение при горных выработках обычно сопровождается сбросом шахтных вод в реки, что увеличивает объем и загрязнение речного стока.

Промышленные стоки дают наибольшее загрязнение природных вод. Особенно загрязнены сточные воды таких отраслей

народного хозяйства, как нефтеперерабатывающая, химическая, металлургическая, горнодобывающая и др.

Расход воды на орошение сильно изменяет водный баланс регионов. Значительная часть воды (иногда большая) теряется на инфильтрацию в каналах и на непродуктивное испарение.

Интенсификация сельскохозяйственного производства сопровождается быстрым наращиванием темпов применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. В результате в окружающую среду поступает много химических веществ, в том числе пестицидов и гербицидов, некоторые из которых устойчивы к воздействию внешних факторов и в течение длительного времени сохраняют свои свойства.

Особая опасность загрязнения вод удобрениями и пестицидами заключается в том, что поверхностные стоки с полей невозможно пропустить через очистные сооружения. Кроме того, огромные площади сельскохозяйственных угодий являются основными речными водосборами, с которых вода поступает в водные объекты, формируя их сток.

В ходе исследований установлено, что из внесенных удобрений в водоисточники попадает значительная часть биогенных веществ: около 20 % азота, 2,5 % фосфата и 30 % калия. Таким образом, сельское хозяйство стало основным источником загрязнения водных объектов биогенными веществами, наличие которых интенсифицирует процессы развития фитопланктона (цветение воды), стимулирует рост водных организмов, вызывает прогрессирующую эвтрофикацию (зарастание водных объектов), приводит к нарушению процессов самоочищения водоемов.

Вносимый в почву азот под влиянием нитрофикационных процессов превращается в легкорастворимые нитратные формы, обладающие большой подвижностью, что способствует загрязнению грунтовых вод, делая их непригодными для водоснабжения. Максимально допустимое содержание нитратного азота в питьевой воде составляет 10 мг/л.

Наибольшее загрязнение водоисточников биогенами наблюдается в районах орошаемого земледелия. Орошаемое земледелие дает большие возвратные стоки, которые не только загрязнены удобрениями, но и сильно минерализованы.

В результате широкого применения химических средств защиты растений происходит загрязнение территорий, оросительной сети, а также рек и грунтовых вод. В открытые воды пестициды попадают с дождевыми и талыми водами, стекающими с

обработанных ими территорий, при нарушении технологии авиа- и наземной обработки сельскохозяйственных угодий и лесов, в результате сброса сточных вод от производств пестицидов, неправильного хранения или потерь при транспортировке.

Несоблюдение сроков обработки, увеличение интенсивности обработок приводят к накоплению пестицидов в почве и последующему вымыванию их в водоемы. С отдельных оросительных систем с площади 1 тыс. га ежегодно выносятся около 100 кг наиболее стойких и обладающих кумулятивными свойствами хлорорганических пестицидов. Накопление этих веществ в тканях и органах рыб вызывает их токсикоз и гибель.

Обработка рисовых полей пестицидами сопровождается частым выносом их со сбросными водами в водотоки и водоемы. Радикальной мерой в этом случае может стать оборотное использование воды для полива.

Причиной изменения водного баланса могут быть преднамеренные или непреднамеренные преобразования стока на площадях водосбора в процессе сельскохозяйственного освоения территории. При неглубокой вспашке и отсутствии специальных мер по задержанию влаги на полях происходят значительные потери запасов почвенной влаги и усиление поверхностного стока. Перехват паводковой части стока при более совершенных методах земледелия позволяет значительно увеличивать ресурсы почвенной влаги. При этом уменьшается примерно на 10 % суммарный сток, но это оправдывается значительным повышением биологической продуктивности угодий. В результате водный баланс пахотных земель может быть существенно преобразован: доля продуктивно используемой воды возрастет примерно до 60 %.

Водопотребление на хозяйственно-бытовые нужды непосредственно связано с удовлетворением потребностей в воде городских и сельских жителей. Удельное водопотребление на одного жителя значительно выше в городах, оборудованных централизованными системами водоснабжения и водоотведения, чем в сельской местности. В городах высококачественную питьевую воду используют не только для питья, приготовления пищи и хозяйственно-бытовых целей населения и промпредприятий, но и для коммунального хозяйства (включая полив зеленых насаждений и мытье улиц), транспорта и местной промышленности, обеспечивающих нужды городских жителей. В сельской местности этот вид водопотребления включает использование воды населением, животноводческими фермами и машинно-тракторными станциями, предприятиями по переработке сельхозпродуктов.

В крупных благоустроенных городах земного шара удельное водопотребление населением составляет 300...600 л/сут на одного человека. В сельской местности, даже в высокоразвитых странах, удельное водопотребление населением в несколько раз ниже и обычно не превышает 100...120 л/сут, а в густонаселенных районах Африки и Латинской Америки эта величина составляет всего 20...30 л/сут и меньше. Суммарный водозабор на хозяйственно-бытовые нужды населения Земли превышает 200 км³/год.

Безвозвратное водопотребление зависит от характера использования воды, местных природных условий и объема водоподачи. Для РФ и США безвозвратные изъятия на хозяйственно-бытовые нужды составляют 10...20 % водозабора, в странах Западной Европы — 5...10 %. В целом для Земли объем безвозвратного водозабора — 15 % полного забора воды.

Коммунальные стоки городов и населенных пунктов дают большое количество загрязнений. В их составе, кроме фекальных вод, содержится значительное количество вредных соединений от использования химических веществ в быту и на предприятиях местной промышленности. В сточных водах имеется много микроорганизмов, в том числе болезнетворных микробов и вирусов, а также яиц гельминтов, что делает их особенно опасными для здоровья людей и животных. Особенность коммунальных стоков — неравномерность их поступления, затрудняющая работу городских систем водоотведения. Населенные пункты дополнительно загрязняют водные объекты поверхностным стоком при выпадении дождей или от таяния снега со смывом загрязнений с покрытий улиц, дворов и с территорий промышленных предприятий. Они часто содержат в себе многие виды нефтепродуктов, большое количество различных солей и другие специфические загрязнения.

Влияние водохранилищ на водный баланс. Регулирование водного режима рек и перераспределение расходов с помощью водохранилищ — один из важных факторов преобразования стока и влагооборота. Водоохранилищам принадлежит важная роль в расширенном воспроизводстве водных ресурсов, умножении важнейшей для хозяйства устойчивой части речного стока. С помощью водохранилищ мировые ресурсы устойчивого стока увеличены приблизительно на 15 %. Экономический эффект от создания водохранилищ общеизвестен: образование подпора дает возможность получать электроэнергию, увеличивает меженные расходы рек (для Волги, Дона — в 2...4 раза) и тем самым улучшает условия судоходства и водоснабжения, предотвращает наводнения, облегчает использование воды для ороше-

ния сельскохозяйственных земель. В настоящее время суммарный полный объем эксплуатируемых и строящихся водохранилищ на земном шаре превышает 5000 км³, что равно приблизительно 11 % объема годового стока с поверхности суши. Сооружение водохранилищ приводит к преобразованию и перераспределению речного стока во времени и увеличению водных ресурсов района в меженные периоды и в маловодные годы. Вместе с тем водохранилища в результате затопления больших территорий значительно увеличивают испарение с водной поверхности, что уменьшает суммарные водные ресурсы регионов.

Дополнительные потери, связанные с испарением, в отдельных районах составляют значительную часть общего объема безвозвратного водопотребления. Объем дополнительных потерь при сооружении водохранилищ рассчитывают по разности испарения с водного зеркала водохранилища и с той же территории до затопления. Суммарный объем потерь воды на дополнительное испарение с водохранилищ для Земли в целом составляет примерно 70 км³/год.

Воздействие мелиорации на процессы формирования стока на водосборах. Преобразование водного баланса на водосборах, т. е. воздействие на процессы формирования стока (и тем самым на источники питания рек), происходит при проведении различных мелиораций и изменениях почвенно-растительного покрова. Преобразования растительного покрова под влиянием хозяйственной деятельности охватывают значительные площади. Леса вырублены на площади более 70 %, что должно было привести к дефициту испарения около 3000 км³ воды в год, несмотря на частичное возмещение его кустарниковыми и травянистыми ценозами. В перспективе вырубка леса на площади примерно еще 25 млн км² может привести к дальнейшей убыли поступления воды в атмосферу примерно на 1200...1300 км³/год, что соответствует 10 % суммарного объема воды в атмосфере. Однако, осуществляя подобные преобразования, человек одновременно обогащает атмосферу водяными парами за счет испарения с орошаемых площадей и водохранилищ. В перспективе дефицит поступления воды в атмосферу, возникший в результате вырубки леса, в некоторой степени можно будет компенсировать, если увеличить площади орошения. Рост испарения, возможно, вызовет выпадение дополнительных осадков, что отчасти пополнит сток, но едва ли они будут значительными, так как орошаемые земли приурочены к аридным и полуаридным районам, где относительная влажность воздуха мала.

В зоне повышенного увлажнения главным фактором, оказывающим влияние на водный баланс, являются осушительные мелиорации. Осушение болот приводит к иссушению и осадке торфяной толщи. Сначала сток несколько возрастает, но в различных ландшафтах этот процесс происходит по-разному и зависит от последующего использования этих территорий. При создании на месте болот высокопродуктивных сельскохозяйственных угодий может оказаться, что для обеспечения транспирации необходимо будет периодически применять искусственное орошение. В целом любые меры по интенсификации земледелия и повышению урожайности, а следовательно, и транспирации ведут к перестройке водного баланса в сторону сокращения поверхностного стока.

Значительные изменения водного баланса характерны для городов. С одной стороны, застройка, искусственные покрытия, водостоки, уборка снега уменьшают инфильтрацию и способствуют увеличению поверхностного стока, с другой — откачка подземных вод и снижение пьезометрических уровней на десятки и даже сотни метров могут привести к уменьшению и даже практическому прекращению грунтового питания рек. В формировании локального «городского» водного режима большое значение имеют подпор грунтовых вод, создаваемый подземными сооружениями, уплотнение грунтов, что часто способствует затоплению подвалов, а иногда и конденсации влаги под зданиями.

Эффективно воздействуют на водный баланс лесомелиорации. Так, лесные полосы не только перехватывают весенний сток с полей, но и задерживают снег, уменьшая непродуктивное испарение. Травосеяние в сочетании с удобрениями также увеличивает инфильтрацию воды в почву и сокращает поверхностный сток.

Одним из путей воздействия на речной сток могут явиться мероприятия по его переброске. При проведении подобных работ (ранее не встречавшихся в мировой практике) должны быть приняты во внимание вопросы сохранения (и улучшения) природных условий и развития хозяйства не только тех районов, куда будет доставляться дополнительный сток, но и тех территорий, откуда этот сток будет изыматься. Размеры изымаемого стока должны быть установлены в объемах, которые отрицательно не повлияют на режим морей.

Хозяйственная деятельность человека чрезвычайно ускоряет загрязнение водных ресурсов. В большинстве случаев под загрязнением понимается антропогенное поступление в гидросферу различных веществ и соединений, приводящее к вредному воздействию на биологические компоненты ее среды. Данное определение представляется упрощенным, не раскрывающим сути

этого сложного и во многом противоречивого процесса. Прежде чем перейти к рассмотрению понятия «загрязнение», обратим внимание на некоторые особенности функционирования природных систем. Для ненарушенных и в достаточной степени устойчивых геосистем характерны разнопериодные колебания концентрации веществ и соединений: суточные, сезонные, многолетние. Например, суточные колебания мутности рек, суточные колебания газового состава воздуха и т. д. Различают верхние и нижние пороговые концентрации веществ и соединений в геосистемах, переход за пределы которых ведет к нарушению нормального режима их функционирования. Подобная амплитуда колебаний содержания различных веществ и соединений определяет естественную емкость каждой конкретной геосистемы, следовательно, и ее устойчивость при антропогенном воздействии. Емкость (эластичность) геосистем зависит от их свойств, обеспечивающих способность к самоочищению, самовоспроизводству и другим формам самосохранения. Таким образом, под загрязнением понимают не просто введение в систему различных веществ и соединений, а также их поступление, при котором превышаются пороговые концентрации, следовательно, и естественная емкость геосистемы достигает критических значений. Таким образом, загрязнение можно оценивать по совокупности параметров процессов в геосистемах, по изменению в них природного фона концентрации веществ и соединений.

Закономерности миграции, рассеивания, концентрации элементов и их соединений в геосистемах изучает *геохимия*. На современном уровне использования элементов они располагаются в следующий, убывающий по степени деструкционной активности, ряд: ртуть $n \cdot 10^5 - 10^4$; кадмий, фтор $n \cdot 10^3$; сурьма, мышьяк, свинец, уран $n \cdot 10^2$; селен, бериллий, барий, олово $n \cdot 10$.

Все элементы с высокой деструкционной активностью относятся к токсичным. Несмотря на присутствие их в небольших концентрациях в живых организмах, даже незначительное повышение концентрации этих элементов может привести к их деградации и гибели. Некоторые элементы, отличающиеся невысокой деструкционной активностью в глобальном плане, могут представлять большую опасность для отдельных регионов, где их поступление в природную среду значительно превышает средний глобальный уровень. Ярким примером может служить сера, которая в глобальном масштабе имеет невысокую деструкционную активность ($n \cdot 10^{-1}$), однако в крупных промышленных районах представляет большую опасность.

Под влиянием хозяйственной деятельности человека создаются определенные типы геохимических аномалий: полезные, вредные и нейтральные. Полезные техногенные аномалии улучшают окружающую среду; они, например, охватывают территории, где произведено известкование кислых почв или где в результате промывок и дренажа из почв удаляются вредные соли и т. д. Вредные техногенные аномалии отличаются повышенной концентрацией токсичных веществ и ухудшают условия существования человека, растений, животных. В них интенсивно происходят процессы загрязнения. Нейтральные техногенные аномалии не оказывают влияния на экологические свойства среды; к ним относят, например, концентрацию алюминия и железа в городах, золота в банках, хранилищах и т. д.

Техногенные геохимические аномалии с повышенным содержанием техногенных веществ образуются при следующих условиях: при одновременных аварийных выбросах веществ (например, разливах нефти в акваториях, выбросах сточных вод при авариях); в результате ограниченного по времени, но интенсивного техногенного воздействия (разработка месторождений полезных ископаемых, после выработки которых активное воздействие на среду прекращается, но могут еще длительное время оказывать воздействие отвалы горных пород); в результате стационарного режима воздействия источника техногенных веществ на природную среду (заводов, фабрик, электростанций, сельскохозяйственных предприятий и т. д.). Если в первых двух случаях техногенные аномалии хотя и выражены довольно резко, но могут быть отнесены к остаточным (продолжительность их существования зависит от степени нарушения природных систем), то в случае стационарного источника загрязнения существование техногенных аномалий постоянно поддерживается. Опасность этих аномалий состоит в том, что воздействие повышенных концентраций различных элементов, в том числе токсичных, на среду происходит в течение длительного времени и имеет кумулятивный эффект. В таких условиях могут возникать техногенные биогеохимические эндемии, проявляющиеся в нарушении жизненных функций данного поколения организмов.

В природных условиях происходит миграция антропогенных загрязнений. Кроме прямых эффектов воздействия соединений серы на животных и растительность, необходимо подчеркнуть серьезные негативные эффекты воздействия соединений серы на почвы (закисление) и воды пресных водоемов, ускорение коррозионных процессов металлоконструкций, разрушение конструкций из известняка. Закисление почв и воды водоемов также отрицательно влияет на

растительный и животный мир. Следует отметить миграцию ртути в водные объекты из атмосферы. Ртуть попадает в атмосферный воздух при сжигании твердого топлива, работе предприятий цветной металлургии в виде паров металлов или неорганических соединений. Из атмосферы она вымывается на поверхность суши, а затем с поверхностным стоком — в водоемы. В водоемах под влиянием микроорганизмов соединения ртути трансформируются в высокотоксичные органические формы (метилртуть) и после этого представляют существенную опасность, наносят большой вред при попадании в организм животных и человека.

Природные среды	Возможная форма перехода (миграции) загрязнения
Атмосфера — атмосфера	Перенос в атмосфере, характерный для большинства загрязнителей. Осаждение (вымывание) атмосферных загрязнений на водную поверхность
Атмосфера — поверхность суши	Осаждение (вымывание) атмосферных загрязнений на земную поверхность (на сушу)
Атмосфера — биота*	Осаждение загрязнений на поверхность насаждений с последующей ассимиляцией (внекорневое поступление загрязнений в биоту)
Гидросфера — атмосфера	Испарение из воды в атмосферу (например, нефтепродуктов, соединений ртути)
Гидросфера — гидросфера	Перенос (распространение) загрязнений в водных системах
Гидросфера — поверхность суши (дно рек, озер)	Переход из воды в почву (фильтрация, «самоочищение», осаждение на дно водоемов)
Гидросфера — биота	Переход из поверхностных вод в биоту (наземные и водные экосистемы, поступление в организм животных и человека с питьевой водой)
Поверхность суши — атмосфера	Переход с поверхности суши, почвы в атмосферу (выветривание, испарение, перенос пыли)
Поверхность суши — гидросфера	Смыв загрязнений с суши во время снеготаяния, с осадками, временными водотоками
Поверхность суши — поверхность суши	Миграция в почве, ледниках, снежном покрове (проникновение загрязнений на разные глубины)
Поверхность суши — атмосфера	Корневые поступления загрязнений в растительность
Биота — атмосфера	Испарения из биоты (малозначимы)
Биота — гидросфера	Попадание загрязнений из биоты в воду после гибели организмов
Биота — поверхность суши	Попадание загрязнений из биоты в почву, главным образом после гибели организма
Биота — биота	Миграция по пищевым цепочкам

* Биота — исторически сложившийся комплекс живых организмов, обитающих на данной территории или совокупность организмов, населяющих какой-то произвольно выбранный регион, вне зависимости от их функциональной или исторической связи между собой (например, биота экосистемы, биота административного района).

Благодаря хозяйственной деятельности человека миграция свинца в окружающей среде, в частности в системе «почва — вода — атмосфера — живое вещество», приобрела гигантские масштабы. Появление значительных количеств рассеянного свинца в атмосфере и геосфере привело к повышению накопления этого металла в организмах растений, животных и человека. Важнейший источник повышенного количества свинца в атмосфере, биосфере и гидросфере — выхлопы двигателей автотранспорта. Городская пыль может содержать до 1 % металла. Содержание свинца в дожде и снеге колеблется от 1,6 мкг/л в районах, удаленных от промышленных центров, до 250...350 мкг/л в крупных городах. Поступление свинца в водоемы со сточными водами промышленности является немаловажным источником этого металла в гидросфере. Биогеохимический круговорот свинца в природе отражает не столько циклические, сколько поступательные процессы обмена веществом между организмами и средой их обитания. Влияние свинца на компоненты трофической цепи можно продемонстрировать возрастанием концентраций этого металла в воде и морских организмах. В донных водорослях концентрации свинца возрастают в 700 раз, фитопланктоне — в 400, зоопланктоне — в 3000 и моллюсках — в 4000 раз.

Антропогенное загрязнение окружающей среды кадмием значительно превышает его поступление через систему природных процессов (выветривание, вулканические извержения и т. д.). Кадмий в окружающую среду поступает через воздух и воду при добыче и промышленной переработке сырья, сгорании некоторых видов топлива, сжигании городских отходов, со сточными водами, при изнашивании предметов, содержащих кадмий, и т. д. С речным стоком в море поступает незначительное количество кадмия, который аккумулируется планктоном, морскими растениями и рыбами. Скорость накопления пропорциональна концентрации металла в морской воде. Удобрения, производимые из морских фосфоритов, часто повышают содержание кадмия в почвах. Металлургические предприятия, выбрасывающие основное количество этого металла, оказывают большое влияние на содержание кадмия в почвах вокруг источника выброса.

Антропогенная миграция пестицидов связана с широким использованием их в сельском хозяйстве. Ежегодно во всем мире на полях рассеивается более 4 млн т пестицидов. Физические и химические свойства многих пестицидов обуславливают их способность к концентрированному накоплению в растительных и животных продуктах.

4.2. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

Качество воды оценивается концентрацией в ней вредных примесей.

Основными источниками загрязнения поверхностных вод являются бытовые, производственные и атмосферные сточные воды, промышленность, сельское хозяйство, судоходство. Основные источники загрязнения подземных вод — накопители промышленных отходов, закачка загрязненных вод в глубокие слои, инфильтрация загрязнений с промышленных и городских территорий, фильтрация из загрязненных рек. Наиболее распространены химическое и бактериальное загрязнения. Проникновению загрязнений в подземные горизонты способствует интенсивное использование подземных вод. Загрязнения поступают в водную среду в виде концентрированных выбросов или в результате диффузии. Значительный их объем сбрасывается со сточными водами городов, поселков и промышленных предприятий. Сток в течение времени (суток, недели, года) происходит неравномерно, имея, как правило, два суточных максимума (утренний и вечерний) и глубокий ночной минимум. Неравномерность стока оценивается обычно коэффициентами суточной ($k_{сут}$) и часовой ($k_{ч}$) неравномерности. Коэффициенты неравномерности притока сточных вод доходят до 2 и более, что значительно осложняет работу систем водоотведения города. Более стабильны расходы сточных вод от различных промышленных предприятий. Состав сточных вод зависит от источника загрязнения и изменяется во времени, причем суточные колебания содержания различных ингредиентов составляют 3—4 раза и более.

Загрязнения, содержащиеся в сточных водах, подразделяют на **нерастворенные, коллоидные и растворенные вещества**. По происхождению загрязнения бывают минеральные, органические и бактериальные. Минеральные загрязнения состоят из песка, растворов минеральных солей, кислот и пр. Органические загрязнения являются хорошей средой для развития бактерий, вирусов, грибов, составляющих бактериальное загрязнение.

Одним из основных загрязнителей вод являются **нефть и нефтепродукты**. Ежегодные поступления нефти в Мировой океан достигают 30...35 млн т. Загрязнение вод нефтью происходит в результате ее естественных выходов в районах залегания, при нефтедобыче, транспортировке, переработке и использовании в качестве топлива и промышленного сырья. Загрязнение водных

объектов нефтью в районах интенсивной добычи отмечается повсеместно. Неправильные действия и технические неполадки в процессе бурения и эксплуатации скважин приводят к аварийным выбросам нефти. Сильное загрязнение водной среды происходит при транспортировке нефти. В настоящее время около 65 % объема мировой добычи нефти перевозят морским путем, и объем этих перевозок возрастает.

Вместе с этим растет мощность танкерного флота. При поступлении в водоем нефть при авариях танкеров под действием процессов самоочищения, протекающих в водной среде, претерпевает различные изменения, характер которых определяется совокупностью физических, химических и биологических факторов. Первоначально образуются нефтяные слики — пятна, растекающиеся по водной поверхности (1 т нефти загрязняет до 12 км² акватории). Под влиянием ветра нефтяные пятна передвигаются, сливаются и могут занимать большие площади. В процессе рафинирования нефти более легкие фракции испаряются (примерно 1/3 массы), а водорастворимые (около 1/3 массы) выщелачиваются за 1...3 недели. Остаток имеет повышенную вязкость, образуя с водой стойкие эмульсии («шоколадный мусс», длительное время сохраняющийся в воде).

Нефть и нефтепродукты способны загрязнить огромные пространства, покрывая водоемы тонкой пленкой. В результате затрудняется газообмен между водой и атмосферой. Загрязнение вод Мирового океана отрицательно воздействует на процесс выделения кислорода морскими водорослями, снижая уровень фотосинтеза в них в отдельных случаях до 5 %. Снижение же содержания кислорода в атмосфере при растущей потребности в нем в связи с развитием техники может привести к серьезным последствиям в глобальном масштабе. Уменьшение количества зоопланктона, очень чувствительного к загрязнению вод, приводит к сокращению кормовой базы и снижению биологической продуктивности моря. Нефтяное загрязнение приводит к гибели 50 % молодых морских организмов. Нефть погубила бы океан, если бы не было нефтеокисляющих бактерий, морских животных (планктон, нектон), которые способны усваивать растворенную нефть. Борьба с нефтяным загрязнением — сложная и неотложная задача.

Среди продуктов промышленного производства особое место по своему отрицательному воздействию на водную среду и гидробионты занимают **детергенты** (синтетические моющие средства), очень токсичные и устойчивые к процессам биологи-

ческого разложения. Они находят все более широкое применение в промышленности, на транспорте, в коммунально-бытовом хозяйстве. Ежегодно производится более 4000 тыс. т детергентов. Детергенты плохо поддаются очистке, и в водоемы обычно попадает до 50...60 % и более их начального количества. Они образуют на поверхности воды толстый слой пены, который на порогах и шлюзах может достигать мощности 1 м и более. Способность к пенообразованию появляется уже при концентрации 1...2 мг/л, что сильно затрудняет судоходство и процессы самоочищения водоемов. Огромное количество моющих синтетических веществ, попадающих в океан, губит рыбную молодь и водоросли. Бесконтрольное загрязнение Мирового океана может привести к необратимым процессам и вызвать гибель флоры и фауны. Из других веществ, загрязняющих водную среду, отметим **тяжелые металлы (ртуть, свинец, цинк, медь, хром, олово, марганец), отходы атомного и химического производств, часто захороняемые на дне океанов, а также удобрения и пестициды,** поступающие с сельскохозяйственных полей. Наибольшую опасность из металлов представляют ртуть и ее соединения, особенно метилртутные. Средняя концентрация ртути в океанической воде около 0,15 мг/л. При ежегодном производстве ртути около 9 тыс. т в ближайшем будущем трудно ожидать существенного снижения общепланетарных концентраций этого элемента в водной среде. Тем не менее высокая химическая устойчивость ртути, а также диспропорции в ее потреблении могут привести к сильному локальному загрязнению водных объектов, особенно внутренних водоемов и прибрежных участков морей, отличающихся меньшей интенсивностью циркуляции водных масс. Попадая в водоем, ртуть поглощается гидробионтами, аккумулируется в донных отложениях в концентрациях, значительно превышающих исходные. Накапливаясь в различных видах гидробионтов, ртуть оказывает на них сильное воздействие. Значительный вред гидробионтам наносит загрязнение вод свинцом и его соединениями. Многие тяжелые металлы аккумулируются в морских организмах, вызывают их гибель или делают опасными при употреблении в пищу.

Значительный ущерб причиняют **тепловые и атомные электростанции, сбрасывающие теплые воды** в природные и искусственные водоемы, нарушая термический, гидрохимический и гидробиологический режимы — «тепловое загрязнение». Современные тепловые и атомные электростанции используют для охлаждения до 200 м³/с воды, которая, возвращаясь в водоемы в

подогретом виде, изменяет их тепловой баланс. В результате повышения температуры воды усиливается ее испарение, увеличивается минерализация, происходит более интенсивный рост водной растительности, что приводит к накоплению органического вещества. Последующее разложение и дальнейшая минерализация вызывают уменьшение растворенного кислорода. Все это отрицательно сказывается на процессах жизнедеятельности живых организмов.

Наибольшую опасность для природных вод и живых организмов представляют *радиоактивные отходы*. Поэтому их сброс в водоемы недопустим. Отходы сливают в специальные сосуды и захороняют в отведенных местах. Сточные воды с незначительным содержанием радиоактивных отходов представляют большую опасность для природных вод. В организмах рыб и животных, а также в растениях происходят процессы биологической концентрации радиоактивных веществ. Мелкие организмы, содержащие эти вещества в небольших дозах, поглощаются более крупными, в которых возникают уже опасные концентрации. Поэтому отдельные пресноводные рыбы в несколько тысяч раз радиоактивнее водной среды, в которой они обитают. В настоящее время сточные воды с радиоактивностью в 1 л свыше $3,7 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$ сливают в специальные подземные резервуары или закачивают в глубокие бессточные подземные бассейны. Используют также обезвреживание стоков и дальнейшее захоронение «блоков» в контролируемых местах.

По-прежнему немаловажную роль играет загрязнение рек и водоемов *стоками животноводческих комплексов*.

Животноводческие фермы и крупные животноводческие комплексы промышленного производства свинины, говядины и молока на 50...100 тыс. голов являются существенным источником загрязнения водных объектов страны. Для сокращения затрат на водоснабжение фермы располагают вблизи водоемов. В ферме крупного рогатого скота ежедневно образуется 1 т навозной жижи от каждой сотни голов. Отходы животноводческих хозяйств опасны тем, что в них содержатся яйца гельминтов (глистов) и патогенные микроорганизмы, являющиеся источником заболеваний. Особенно опасны отходы свиноводческих комплексов. Одна свиноферма на 100 тыс. голов по интенсивности загрязнения воды равнозначна городу с населением 250 тыс. человек. Сложность проблемы охраны вод от стоков животноводческих хозяйств заключается в трудности санитарного обеспечения накопителей и утилизации отходов.

Все большее влияние на качество воды оказывают *диффузные источники загрязнения*, в частности удобрения и ядохимикаты, смываемые с сельскохозяйственных площадей, а также ливневыми и снеговыми водами с городских и промышленных территорий. Установлено, что по нагрузке они соизмеримы с хозяйственно-бытовыми стоками. Ядохимикаты не только накапливаются в объектах природной среды в больших количествах, но и сохраняются в ней очень долгое время — неделями, месяцами и даже годами. Отмечается зависимость пестицидов в природной среде от климатических факторов: от особенностей термического режима, характера переноса воздушных масс в различных природных зонах, интенсивности и сезонности выпадения осадков.

Переносимые воздушными потоками, почвенными водами, растительными и животными пищевыми продуктами, пестициды распространяют свое влияние на все большие территории. По масштабам распространения пестициды можно классифицировать на препараты, имеющие тенденцию к глобальному рассеянию, и на препараты, загрязняющие окружающую среду локально. Глобальное рассеяние характерно для некоторых хлорорганических соединений. Органические соединения фосфора и карбонаты вследствие значительно меньшей устойчивости загрязняют окружающую среду локально, хотя возможность их глобального рассеивания в принципе не исключена. Они могут переноситься на сравнительно большие расстояния с воздухом и обычно содержатся в воздухе в более высоких концентрациях, чем хлорорганические соединения. Глобальная циркуляция пестицидов обусловлена сложным взаимодействием атмосферы, воды, водных взвесей и донных осадков.

Большую опасность представляют *сточные воды* (промышленные, сельскохозяйственные и бытовые), нейтрализация которых в зависимости от степени очистки требует 5...12-кратного разбавления чистой природной водой. Даже если больше половины объема воды, сбрасываемой в реки и водоемы, подвергать искусственной очистке, стоки портят в 12...15 раз больший объем чистой воды. Сбрасываемые на Земле сточные воды загрязняют более одной трети всего устойчивого стока.

Качество природной воды ухудшается в результате воздействия *загрязнений, поступающих из атмосферы*. В отдельных случаях они достигают 15...20 % от общего загрязнения водоема. Выбросы индустрии в атмосферу Земли составляют более 53 млн т оксидов азота, 200 млн т — оксида углерода, около 146 млн т — двуоксида

серы, 200...500 млн т — пыли и 120 млн т — золы. Твердые частицы этих выбросов, перемещаясь с воздушными потоками на большие расстояния, выпадают на сушу или воду. Газообразные выбросы, растворяясь в атмосферной влаге, выпадают на поверхность Земли в виде «кислотных дождей» и наносят ущерб флоре и фауне.

К числу загрязнителей природных вод следует также отнести *водный транспорт, лесослав и сопутствующие ему работы, отвалы горных разработок* и пр.

Водный транспорт загрязняет воду при сбросе отходов, и особенно нефтепродуктов, которые попадают в воду при перевозках морским транспортом. При холостом рейсе танкеры для устойчивости наполняют водой, а в месте загрузки нефтью насыщенную нефтепродуктами балластную воду сбрасывают за борт. Международным соглашением запрещается сброс в море неочищенной балластной воды. Однако многие судовладельческие компании считают более выгодным платить штрафы, чем терпеть убытки от простоя на станциях промывки.

Молевой сплав леса (сплав бревен россыпью) приводит к засорению водных объектов в результате потери коры и сучьев, которые оседают на дно рек. Затонувшая древесина (до 10 %), а также выделяющиеся смолы, дубильные вещества и вредные соединения медленно разлагаются, поглощают кислород и выделяют фенольные и другие вредные вещества, отравляя воду. Вырубка густого кустарника по берегам рек, мешающего лесосплаву, усиливает эрозийные процессы, ускоряя заиливание русла. Большой ущерб молевой сплав наносит рыбному хозяйству в результате травмирования рыбы, разрушения нерестилищ и отравления икры и кормовых организмов. *Рубка леса* на территории водосборов нарушает температурный и биологический режим рек, что вызывает их обмеление и пересыхание. На качество воды в значительной степени оказывают влияние и водохозяйственные мероприятия, в том числе различные *мелиоративные работы*. Особенно на гидрохимический и гидробиологический режимы водотоков и водоемов влияет *создание водохранилищ*.

В водохранилищах озерного типа со значительной изрезанностью береговой линии и большим числом заливов возрастает доля процессов, характерных для застойных зон, усиливаются процессы эвтрофикации (зарастание водной растительностью). Эвтрофикация особенно усиливается под влиянием поступления в водоемы удобрений с полей и сточных вод.

Если в начальный период эвтрофикация приводит к увеличению продуктивности водоема в развитии фитопланктона и

рыбы, то в последующем она является причиной ухудшения качества воды и обеднения видового состава, приводит к развитию синезеленых водорослей, менее требовательных к условиям обитания.

Синезеленые водоросли — одноклеточные организмы — обычно соединяются в колонии в виде нитей. Живут в воде и на берегах водоемов, развиваются с интенсивностью 10...20 г/м³ (по сухому веществу). Как и другие фотосинтезирующие организмы, они играют положительную роль в обогащении воды свободным кислородом. Синезеленые водоросли наиболее интенсивно развиваются в застойных водоемах с теплой водой. Особенно больших масштабов их развитие достигло в водохранилищах, относящихся к озерному типу с водообменном 2...4 раза в год. В более благоприятном положении находятся озерно-речные водоемы с водообменном 12...18 раз в год. Интенсивность развития синезеленых водорослей в водохранилищах достигает 300...500 г/м³ и более. При этом продукты их распада становятся источником загрязнения воды. В пятнах цветения, где биомасса синезеленых водорослей достигает 5...10 кг/м³, содержание аммонийного азота и минерального фосфора повышается в 5...10 раз, органического азота — в 30...150 раз, численность бактерий возрастает в 25...100 раз, а гнилостных бактерий — до 400 раз. В результате экранирующего действия пятен цветения (затенения) подавляются процессы фотосинтеза в толще воды, что сопровождается гибелью кормовых организмов и замором рыб. При этом гибнет в основном молодь окуневых рыб (судак, окунь, ерш).

Ущербы от цветения воды весьма значительны в системах коммунального и технического водоснабжения и в рыбном хозяйстве. В системах водоснабжения в период цветения увеличивается расход коагулянтов для осаждения водорослей и требуется расширение площади и объем отстойников. На тепловых электростанциях синезеленые водоросли снижают эффект охлаждения, приводят к перерасходу топлива. Избыточное цветение ограничивает, а иногда и исключает использование водных ресурсов для рекреации, лечения, спорта и туризма.

Все вредные вещества влияют на органолептические, общесанитарные, токсические и рыбохозяйственные качества воды, изменяя ее физические свойства (прозрачность, окраску, запах и пр.) и химический состав. При этом появляются плавающие образования и отложения, бактерии, вирусы, грибки. В результате качество воды рек и водоемов может оказаться непригодным для водопотребления — водопользования.

4.3. ДОПУСТИМАЯ АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Негативные антропогенные воздействия на природную среду являются неизбежными, но их можно предотвратить или уменьшить. В этом деле важную роль может сыграть научно-технический прогресс. Некоторые изменения состояния природной среды, вызванные антропогенным воздействием, могут привести к упрощению биоценозов (как бы их омоложению) и способствовать благоприятному развитию биосферы. Эволюция биосферы в новых условиях по-новому ставит вопрос о взаимоотношениях человека и природы. Человек должен облегчать работу биосферы, а не брать ее функции на себя. Воздействие на экологическую систему, способное вывести ее из естественного (нормального) состояния, определяется как экологическая нагрузка. Допустимыми можно считать такие воздействия, которые не приводят к превышению нормативной нагрузки на экологические системы. Под допустимой понимают нагрузку (складывающуюся из отдельных однородных и разнородных воздействий), которая не меняет качества окружающей природной среды или меняет ее в допустимых пределах, при которых не нарушаются существующие экологические связи. Если нагрузка превышает допустимую, то эти воздействия причиняют ущерб, вызывая неблагоприятные последствия в важнейших популяциях. Основными компонентами, определяющими антропогенную нагрузку на водные ресурсы, являются следующие: загрязнение, засорение и истощение.

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации все воды подлежат охране от загрязнения, засорения и истощения. В то же время при сбросе сточных вод в водоем наступает некоторое ухудшение качества воды. Поэтому водохозяйственные комплексы сооружают таким образом, чтобы неблагоприятные изменения физических, химических и гидробиологических свойств воды не могли причинить вред здоровью населения, уменьшить рыбные запасы, ухудшить условия водоснабжения.

Загрязнение проявляется в изменении физических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, привкусов) и химического состава (появление вредных веществ); появлении плавающих образований на поверхности и отложений на дне; сокращении растворенного в воде кислорода воздуха; появлении новых бактерий, в том числе болезнетворных. Поскольку загрязнители вод сложны по составу и слабо разлагаются, последствия

загрязнения вод бывают многообразными и часто непредвиденными. Наиболее неблагоприятные — это изменение органолептических свойств воды, нарушение кислородного режима, изменение естественного хода химических процессов в водоемах, отравление гидробионтов путем аккумуляции в них токсикантов, угнетение жизни в водоемах, снижение эстетической ценности водоемов и ограничение возможностей их использования для рекреационных целей, затруднения (при загрязнении детергентами) при навигации, изменение альбедо морской поверхности (особенно при загрязнении нефтью и нефтепродуктами) и воздействие на тепловой баланс в системе «земля — атмосфера».

Учитывая влияние загрязнений на развитие и функционирование гидросферы и функционирование живых организмов, присущих данной системе, необходимы критерии для отнесения вод к «загрязненным» или «незагрязненным». В незагрязненных системах пределы колебаний концентрации техногенных веществ должны быть такими, чтобы при этом не нарушались функции живого вещества системы, не изменялся биохимический состав первичной и вторичной продукции, не снижалась биологическая продуктивность системы.

Для оценки качества вод используют показатели их нормативных состояний, определяемые потребностями и возможностями общества, теми целями, которые общество ставит в данный момент в определенном регионе. На их основании затем выявляется степень отклонения состояния систем от этих требований. Наиболее распространенными нормативными показателями являются ПДК (предельно допустимые концентрации) вредных веществ. Независимо от вида лимитирующего показателя вредности для данного вещества (токсикологический, общесанитарный, органолептический) при установлении его ПДК исходят из создания наиболее благоприятных условий для жизни организма или отдельных популяций животных.

Под предельно допустимой концентрацией понимают такую концентрацию химического соединения, которая при ежедневном воздействии на организм в течение длительного времени не вызывает каких-либо нарушений биологического оптимума экосистемы с учетом комплексного воздействия. Такой критерий оценки основывается на показателях устойчивости данной экосистемы. В настоящее время ПДК установлены более чем для 500 веществ, содержащихся в воде.

В последнее время получает все большее распространение показатель *предельно допустимых выбросов* (ПДВ) или стандартов на выброс, ограничивающий объемы выбросов вредных веществ и тем самым являющийся реальным средством регулирования качества природных сред. Методы расчета норм ПДВ, обеспечивающих качество природной среды, разрабатываются в соответствии с гигиеническими и экологическими требованиями. Для оценки ПДВ существует и другой подход. Например, в США ограничение объемов выбросов вредных веществ основано на технологическом принципе: нормы ПДВ ограничивают объем промышленных выбросов на уровне наилучшей достигнутой технологии. Некоторые примеры введения в ряде стран стандартов на выброс указывают на эффективность такого рода мероприятий по охране природной среды. Трудность разработки показателей ПДК, ПДВ заключается в их узорегиональном характере, зависимости от условий каждого конкретного района: гидроклиматических, рельефа, почв, растительности, современного состояния природных систем, устойчивости их к нагрузкам, а также отраслевой и территориальной структуры хозяйства, особенностей системы расселения, транспорта и т. д.

Несмотря на явную важность нормативных показателей в разработке системы оценки воздействия человека на природную среду, полностью опереться на них пока не представляется возможным. Во-первых, они разработаны лишь для отдельных компонентов природы. Высокая зависимость нормативов от уровня социально-экономического развития общества предполагает их возможную изменчивость и во времени, и в пространстве. Практически невозможно (и, очевидно, нецелесообразно) разрабатывать нормативы для всех сторон социальной, хозяйственной и даже природной сфер, изменяемых антропогенной деятельностью. Например, наличие уникальных природных объектов и эстетически ценных ландшафтов не может быть нормировано. Многие показатели состояния социальных и хозяйственных подсистем, например численность и демографическая структура населения, характер его расселения, состав отраслей хозяйства, их размеры и размещение, также не нормируются. Здесь, очевидно, следует обращаться к таким показателям, как уровень, достигнутый в более крупном регионе, включающем изучаемый район, или уровень, принятый за оптимальный для данного этапа развития общества.

Показатели и нормативы качества состояния вод назначают для двух видов водопользования: участки водоемов, предназна-

ченные для хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также систем водоснабжения пищевой промышленности; участки водоемов, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также находящиеся в черте населенных мест.

Водоемы, используемые для рыбохозяйственных целей, делят на два вида: для воспроизводства и сохранения ценных пород рыб; для всех других рыбохозяйственных целей. При выпуске стоков в рыбохозяйственные водоемы предъявляют более высокие требования, чем при выпуске их в водоемы, используемые для питьевых и культурно-бытовых нужд населения.

Предельно допустимая концентрация ПДК вредных веществ в воде — основной гигиенический норматив, положенный в основу современного водно-санитарного законодательства. Нормативы ПДК (мг/л) разработаны для всех возможных веществ, поступающих в водоемы. Например, для бензола ПДК составляет 0,5 мг/л, свинца — 0,1; ртути — 0,05; железа — 0,5; бензина — 0,1 и т. д. Сточные воды со степенью загрязнения, приводящей к превышению ПДК в контрольном створе, отводить в водоемы запрещено.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) указывает количество кислорода (мг/л) для окисления находящихся в воде загрязняющих, преимущественно органических веществ. Значение БПК зависит от эффективности очистки сточных вод на станциях. БПК городских сточных вод, прошедших полную биологическую очистку, составляют 10...15 мг/л. Пополнение воды кислородом происходит в результате соприкосновения воды с воздухом и зависит от температуры, площади водной поверхности, степени насыщенности кислородом поверхностного слоя и интенсивности перемешивания воды. Разность между количеством кислорода при полном и действительном насыщении — дефицит кислорода, который выражают в мг/л или в % полного насыщения.

Водородный показатель (рН) определяет концентрацию в воде ионов водорода и показывает ее кислотность или щелочность. У пунктов культурно-бытового водопользования показатель рН не должен превышать 6,5...8,5. Такого же порядка он необходим для процессов самоочищения природных вод.

Органолептические свойства воды характеризуют запахи, привкус и плавающие примеси, неблагоприятно влияющие на человека. Эти свойства оценивают в баллах. Ниже приведена шкала интенсивности запахов. Например, у пунктов культурно-бытового водопользования вода не должна иметь запахи интенсивностью более 2 баллов.

Балл	Признаки
0 (нет запаха)	Отсутствие ощущения запаха
1 (очень слабый)	Запах, не поддающийся обнаружению потребителем, но обнаруживаемый в лаборатории
2 (слабый)	Запах, не привлекающий внимания потребителей, но поддающийся обнаружению, если обратить на него внимание
3 (заметный)	Запах, легко обнаруживаемый, может сделать воду неприятной для питья
4 (отчетливый)	Запах, обращающий на себя внимание и делающий воду неприятной для питья
5 (очень сильный)	Запах, настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

Аналогичную шкалу используют и для оценки интенсивности привкусов воды. Обычно вкусовые свойства проявляются при концентрациях, превышающих предельные по запаху. Окраска воды не должна обнаруживаться в столбике высотой более 20 см при использовании водоема в качестве источника питьевого водоснабжения и высотой 10 см — во всех других случаях.

Возбудители заболеваний. В последние десятилетия значительно расширилось число заболеваний, связанных с распространением их возбудителей водным путем. Инфекционными являются сточные воды населенных пунктов, животноводческих хозяйств и ряда производств (боен, биофабрик, кожевенных заводов, шерстомоек и др.). Вода источников централизованного водоснабжения не должна содержать возбудителей заболеваний. В практике возбудителей заболеваний оценивают по количеству в воде кишечных палочек, выделяемых человеком. По отечественному стандарту бактериальное загрязнение источника водоснабжения при обычных методах очистки и дезинфекции питьевой воды не должно превышать 1 тыс. кишечных палочек в 1 л (коли-индекс 1 тыс.). Таким образом, водоемы, используемые для питьевого водоснабжения, при соответствующей очистке и дезинфекции на водопроводных сооружениях обычного типа при коли-индексе 1 тыс. по бактериальным характеристикам считаются достаточно чистыми. Количество минеральных загрязнений для одного вида водоема должно быть не более 1000 мг/л (по плотному осадку), в том числе хлоридов не более 350 и сульфатов до 500 мг/л. При спуске сточных вод содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/л в водоемах, используемых для питьевого водоснабжения и водоснабжения пищевых предприятий, и на 0,75 мг/л — для водоемов, используемых для рекреации.

Температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого года за последние десять лет.

4.4. УСЛОВИЯ ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ

Условия выпуска сточных вод в поверхностный водоем определяются народнохозяйственной их значимостью и характером водопользования. Выпуск сточных вод ухудшает качество воды в водоеме, однако это не должно отражаться на его дальнейшем использовании в качестве источника водоснабжения, для культурных и спортивных мероприятий, рыбохозяйственных целей. Условия выпуска производственных сточных вод в водоемы регламентируют Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами и Правила санитарной охраны прибрежных районов морей. Выполнение условий спуска производственных сточных вод в водоемы контролируют санитарно-эпидемиологические станции и бассейновые управления. Правила устанавливают нормы качества воды водоемов, используемых в качестве источника для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности, используемых для купания, спорта и отдыха населения.

Нормы качества воды в водоемах относят к створам, расположенным на протоках на 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания и организованного отдыха, территории населенного пункта и т. д.), а на непроточных водоемах и водохранилищах на 1 км в обе стороны от пункта водопользования. Качество воды в водоемах рыбохозяйственного назначения регламентируют по двум видам водопользования: водоемы для воспроизводства и сохранения ценных пород рыб и водоемы для всех других рыбохозяйственных целей. В табл. 4.1 и 4.2 приведены ПДК вредных веществ в водоемах хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

Таблица 4.1. ПДК вредных веществ в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

Вещество	ПДК, мг/л	Вещество	ПДК, мг/л
А. По санитарно-токсикологическому лимитирующему показателю вредности		Б. По общесанитарному лимитирующему показателю вредности	
Анилин	0,1	Аммиак (по азоту)	2
Бензол	0,5	Диметилформамид	10
Бериллий	0,0002	Кадмий	0,01
Гексоген	0,1	Капролактан	1
Гексаметилендиамин	0,01	Кобальт	1
Свинец	0,1	Медь	0,1
Тетраэтилсвинец	0	Никель	0,1
Формальдегид	0,05	Тринитротолуол	0,5
		Хлор активный	0
		Цинк	1

Вещество	ПДК, мг/л	Вещество	ПДК, мг/л
В. По органолептическому лимитирующему показателю вредности			
Бензин	0,1	Нафтеновые кислоты	0,3
Гексахлоран	0,02	Нефть:	
Гексахлорбензол	0,05	многосернистая	0,1
Мышьяк	0,05	прочая	0,3
Нитраты (по азоту)	10	Пикриновая кислота	0,5
Нитрохлорбензол	0,05	Пропилен	0,5
Пиридин	0,2	Сероуглерод	1
Полиакриламид	2	Скипидар	0,2
Роданиды	0,1	Тиофос	0,003
Ртуть	0,005	Толуол	0,5
Динитробензол	0,5	Фенол (карболовая кислота)	0,001
Дихлорбензол	0,002	Хлорбензол	0,1
Дихлорфенол	0,002	Хлорофос	0,05
Дихлорэтан	2	Хром: трехвалентный	0,5
ДДТ	0,1	шестивалентный	0,1
Железо	0,5	Четыреххлористый углерод	5
Керосин	0,1		

Таблица 4.2. ПДК вредных веществ в водоемах рыбохозяйственного назначения

Вещество	ПДК, мг/л	Вещество	ПДК, мг/л
Аммиак	0,1	Никель	0,01
Кадмий	0,005	Свинец	0,1
Магний	50	Танниды	10
Сероуглерод	1	Фенолы	0,001
Смолистые вещества, вымываемые из хвойных пород древесины	2	Хлор свободный	0
Медь	0,01	Цианиды	0,05
Мышьяк	0,05	Цинк	0,01
Нефть и нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии	0,05		

Большое внимание уделяется вопросам предупреждения и устранения загрязнений прибрежных районов морей. Качество морской воды при спуске сточных вод регламентируют в районе водопользования отведенными границами и створами на расстоянии 300 м в стороны от этих границ. Море в этом случае рассматривается как водоем для лечебных, оздоровительных, культурно-бытовых и гигиенических целей. Правила относятся к тем прибрежным его районам, которые предназначены для лечения, отдыха, купания, спортивных мероприятий и находятся в пределах границ населенных пунктов, санаториев, домов отдыха, туристических баз и пр. В большинстве случаев водоемы на-

столько загрязнены, что отсутствует какой-либо резерв его самоочищающей способности. Поэтому ПДК вредных веществ принимают не в расчетном створе реки, а на выпуске сточных вод в водоем.

4.5. СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Необходимая степень очистки сточных вод, спускаемых в водоем, определяется на основе данных об их количестве и составе. Степень очистки сточных вод рассчитывают по количеству взвешенных веществ, допустимой величине БПК в смеси речной воды и сточных вод, по потреблению сточными водами растворенного кислорода, по температуре воды, окраске, запаху и солевому составу, по ПДК токсичных примесей и других вредных веществ, а также по изменению величины активной реакции воды водоема.

Санитарные требования к условиям спуска сточных вод в водоемы (соответствие состава и свойств воды водоема, который используется для водопользования) оцениваются необходимой суммарной степенью очистки сточных вод перед спуском их в водоем.

4.6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОХРАНЕНИЮ И ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЧИСТОТЫ ВОДОЕМОВ

Для сохранения чистоты водоемов проводят различные мероприятия:

- обеспечение полной биологической очистки коммунально-бытовых и промышленных стоков;
- совершенствование технологии промышленного производства с целью сокращения количества сточных вод и снижения загрязнений в них;
- разработку и внедрение маловодной и безводной технологий; внедрение оборотного водоснабжения и расширение повторного использования очищенных сточных вод; рациональное использование удобрений и пестицидов;
- реализацию планов водоохранных мероприятий с учетом перспективного размещения производительных сил.

Для очистки промышленных и коммунальных стоков в настоящее время существуют: механический, физико-химический, химический и биохимический способы очистки.

Для предотвращения попадания удобрений в водные объекты необходимы:

- соблюдение соответствия норм и сроков внесения удобрений с учетом биохимических особенностей почвы;

- дробное внесение удобрений в период вегетации (особенно для почв легкого механического состава);

- внесение удобрений с оросительной водой, что уменьшает их дозу (внесение азотных удобрений при дождевании снижает дозу вдвое);

- применение концентрированных и медленно действующих удобрений (в виде гранул с защитной оболочкой или труднорастворимых удобрений типа конденсатов мочевины), отдающих питательные вещества в почву постепенно, устойчивых к вымыванию;

- исключение хранения удобрений под открытым небом.

Для ограничения поступления пестицидов в водные объекты предусматривают следующие мероприятия:

- совершенствование методов их применения и ограничение использования стойких препаратов (только при сильной зараженности вредителями);

- уменьшение рассеивания пестицидов в окружающей среде (применение очаговой, ленточной или краевой обработки вместо сплошной; расход пестицидов при этом снижается в несколько раз);

- замену пестицидов биологическими методами защиты растений.

Методы улучшения качества природных вод. Природные воды обладают важным свойством — способностью к самоочищению. Процессы самоочищения природных вод происходят под влиянием солнечной радиации, деятельности микроорганизмов и водной растительности, других факторов. Наиболее интенсивно они протекают летом. Самоочищение загрязненных природных вод происходит при многократном (1:7...1:12) их разбавлении чистой водой. Эти процессы в замкнутых водоемах и подземных водах протекают медленно. Полное самоочищение воды Мирового океана, по прогнозам ученых, произойдет только через 2600 лет, а подземных — через 5000 лет. Процессы самоочищения воды протекают в результате ее насыще-

ния кислородом. Под влиянием растворенного кислорода происходят окисление органических веществ и выпадение их на дно водоемов в виде минерального осадка. Наиболее интенсивно вода насыщается кислородом из воздуха на реках с быстрым течением и в водоемах при сильных ветровых волнениях. Этому способствует жизнедеятельность высших водных растений, насыщающих воду кислородом в результате фотохимических процессов фотоллиза воды (фотосинтеза) под влиянием солнечной радиации. Наряду с этим качество воды улучшают водные растения за счет поглощения ряда растворенных и дисперсных веществ. К особо благоприятно действующим на процессы биологической очистки воды растениям относятся камыш, рогоз узколистный, тростник обыкновенный, рдест плавающий, роголистник и ряска.

Тростник обыкновенный — крупное многолетнее растение, которое растет в затопляемых поймах и по берегам водоемов, даже если его корни скрыты двухметровым слоем воды. Тростник способен расти в воде соленых лиманов, вблизи серных источников, в сильно загрязненных промышленными стоками водоемах, на полях фильтрации и даже в шламонакопителях промышленных систем водоотведения. Под влиянием жизнедеятельности этого растения качество воды заметно улучшается благодаря непрерывному обогащению водно-почвенной среды кислородом. В нижних, покрытых водой побегах, развиваются водно-воздушные корни, с их помощью задерживаются находящиеся в воде всевозможные мелкие растительные и животные волокна, жировые и нефтяные эмульсии, хлопья коллоидов и пр. Эти корни поглощают из воды питательные для тростника, но балластные и даже токсичные для водоемов вещества и соли. Один гектар тростниковых зарослей за сезон поглощает до 5...6 т присутствующих в сточных водах солей. Многие токсичные вещества (аммиак, фенол, азотнокислый свинец, азотнокислая ртуть, сернокислая медь, кобальт хлористый, азотнокислый хром) не оказывают вредного влияния на тростник. Заросли тростника, затеняя поверхность водоема и понижая температуру воды, а также поглощая биогенные вещества, угнетают развитие синезеленых водорослей. Прибрежные заросли тростника гасят волны и таким образом защищают берега. Заросли тростника — прекрасная среда для обитания многих промысловых пушных зверей, диких животных, водоплавающих птиц, для нереста и нагула ценных промысловых рыб. Для повышения защитного эффекта тростника рекомендуется

ежегодное выкашивание его зарослей на требуемой высоте, не повреждая корней.

Камыш и рогоз обладают теми же положительными свойствами, что и тростник, но в несколько меньшей степени. Роголистник и рдест являются эффективными помощниками в борьбе с синезелеными водорослями и цветением водоемов.

Ряска — плавающее на поверхности воды растение, покрывающее водное зеркало. Ряска энергично поглощает углекислоту, обильно выделяет кислород и очищает воду от многих вредных веществ, сохраняя жизнь животных и растений.

Харовые водоросли (хара, нителла, томпелла и др.), обитающие на глубине, играют большую роль в очищении вод, содержащих фенольные соединения.

Очищающую способность водных растений используют для очистки сточных вод промышленных предприятий. Для этого создают специальные водные бассейны с тростником и другой болотной и приболотной растительностью.

Реки выносят в моря и океаны огромные массы загрязнений. Однако вода морей остается прозрачной и достаточно чистой благодаря водной растительности и многочисленным живым организмам (ракообразным, моллюскам и червям). Поселения этих организмов, расположенных на одном квадратном метре, фильтруют более 200 м³/сут воды, освобождая ее от загрязнений.

Прибрежные водоохранные зоны. Для защиты водных объектов от неорганизованного стока создают прибрежные водоохранные зоны, позволяющие максимально перевести поверхностный сток в подземный. В прибрежных водоохранных зонах предусматривают лесные полосы для перехвата и перераспределения поверхностного стока, укрепления берегов и частичного извлечения минеральных солей, а также задержания эрозированной почвы и химических препаратов.

Такая зона включает территорию, прилегающую к водному объекту, на которой устанавливают специальный режим для предотвращения загрязнения, засорения и истощения вод, и представляет собой систему лесных полос в сочетании с простейшими гидротехническими устройствами и сооружениями. Лесные мелиорации представляют собой защитные полосы в пределах верхней и средней частей речных бассейнов, создание которых уменьшает поверхностный сток и ослабляет процессы водной эрозии. Число и вид лесных полос определяются климатическими, топографическими, гидрологическими и гидрогео-

логическими условиями. Лесные мелиорации полевых прудов создают в балках, лощинах, суходолах. В прудах, заполняющихся водами поверхностного стока и подверженных быстрому заилению от поступающих наносов, по периметру устраивают лесную полосу шириной 20...80 м. Ниже делают залуженную полосу шириной 15...20 м для аккумуляции мелких фракций наносов и древесного опада (листва, ветви). В вершине пруда за лесной полосой создают илоуловитель из густопосаженной кустарниковой ивы и поперечных плетней. Подобная лесомелиорация позволяет перевести поверхностный сток в подземный, способствует более равномерному питанию водотока грунтовыми водами в течение года, защищает зеркало водоема от ветров и солнечной радиации, снижает испарение до 50 % и исключает загрязнение воды. Лесомелиорацию рек и речных долин осуществляют для истоков, мелких, средних и крупных рек.

Лесомелиорация истоков и потоковых частей рек длиной до 10 км защищает их от сильного испарения и заилиения, способствует пополнению воды за счет увеличения стока осадков и инфильтрации поверхностного стока. Для этого необходимо сплошное облесение истока на расстояние 200 м вверх, 50 м вниз и 40...45 м — в боковые стороны. Вдоль рек устраивают прирусловые полосы шириной 15 м, состоящие из бровки и кустарниковых прутьевидных ив, затем 2—4-рядной ленты древесных пород и кустарников. На прилегающих поймах предусматривают ветроломные полосы продуваемой структуры в 2...3 ряда, располагаемые поперек поймы через 100...400 м.

У малых рек (протяженностью 10...100 км) прирусловые полосы (шириной около 20 м) устраивают одновременно с грунтоукрепляющими насаждениями. По берегу русла высаживают кустарниковые ивы, а оползневые участки засаживают насаждениями с мощной корневой системой. Размываемые и подмываемые берега обсаживают растениями с густыми стеблями и мощными корнями или укрепляют ивовыми плетнями. Поймы рек используют под луг или посевы сельскохозяйственных культур. Для предотвращения воздействия ветров и песчаных отложений поперек пойм размещают ветроломно-кольматирующие полосы шириной около 20 м.

Лесомелиорация на поймах занимает 22 % территории, под лугами и другими видами сельскохозяйственного использования — 75 % и водной поверхностью — 3 %.

В средних реках (протяженностью 100...500 км) могут быть размещены комплексные гидроузлы с крупными водозаборами, а водное пространство использовано для судоходства и разведения рыбы. Долины таких рек хорошо выработаны, ширина русла колеблется от 30 до 400 м, поймы — от 300 м и до нескольких километров. На этих реках процессы руслообразования более выражены. Подмывы берегов и образование песчаных пляжей происходят более интенсивно, наблюдается заболачивание пойм или их занесение песком, паводковые затопления более продолжительны. Поэтому здесь требуется усиленное лесомелиоративное воздействие.

Ширина древоствольных прирусловых полос в начале участка равна 20 м, в конце — около 100 м. На стабильных берегах в прирусловой полосе непосредственно от бровки высаживают кустарниковые ивы в полосе шириной 5 м для кольматации песка. За кольматирующей лентой должна быть струнаправляющая 3—4-рядная опушка из особых пород ветлы, тополя и кустарников для направления паводкового потока воды и льда. Подмываемые берега укрепляют лесными насаждениями по тому же принципу, что и в малых реках.

В поймах рек (в местах слабого смыва и кольматажа песчаных выносов) устраивают полосы в виде густого подлеска шириной 10 м и 60 м — в местах сильного их проявления. Эти полосы размещают через 500...700 м под углом к оси поймы навстречу течению. Между кольматирующими полосами предусматривают ветроломные 2—3-рядные полосы через 100...200 м на луговых участках и через 300...400 м на участках сельскохозяйственного использования. Берега речных долин обносят лесом в виде прибалочных полос.

Лесомелиорация территории речных долин при средней ширине долины 1,8 км включает: насаждения — 34 %, луга и сельскохозяйственные угодья — 58 %, водная поверхность — 8 % территории.

Крупные реки имеют развитое судоходство и рыбоводство, каскады водохранилищ с гидроэлектростанциями, являются источниками водоснабжения и местами развития рекреационных мероприятий. К неблагоприятным процессам, происходящим в долинах этого звена, для предупреждения поступления твердых выносов с вышерасположенных участков, заносающих русло и сельскохозяйственные угодья на пойме, предусматривают прирусловые полосы. Кустарниковая прибровочная часть полосы шириной 30...70 м из устойчивых к затоплению ив здесь играет

кольматирующую роль. Примыкающая к кустарниковой ленте древоствольная часть полосы шириной 100...130 м имеет мощную струнаправляющую опушку из трех рядов пирамидального тополя или осокоря. В пойме рек устраивают поперечные кольматирующие и ветроломные полосы, а берега долин укрепляют соответствующими лесными насаждениями или бунами.

В долине рек со средней шириной 5 км лесомелиоративные насаждения составляют 20 %, луга и другие сельскохозяйственные культуры — 74 %, водная поверхность — 6 % от общей площади территории.

Водохранилища на реках подвержены заилению в результате эрозии грунта с берегов как самого водоема, так и притоков, а также действию ветров, усиливающих испарение. Лесомелиорация здесь должна быть направлена на уменьшение эрозионных процессов путем создания кольматирующих лесных полос шириной 100 м через 300 м на затопляемых поймах и лесных полос по берегам русл и долин. Между полосами культивируются луга с хорошо развитым травостоем.

Прибрежные лесонасаждения ослабляют скорость ветра в зоне более 1 км и таким образом снижают высоту и ударную силу волн, уменьшают на 10...30 % испарение, улучшают микроклимат и санитарно-гигиенические условия для населения. Для уменьшения негативных последствий по сформировавшемуся пляжу создают волноломные насаждения. Размещение волноломной и волногасящей растительности показано на рис. 4.2. Ленточное размещение аэрогидрофитных культур оказывает волногасящее влияние и устраняет эрозию берегов. Например, дальневосточный рис создает благоприятные условия для разведения рыбы, тростник усиливает аэрацию воды и почвы, а все растения в совокупности кольматируют наносы в пределах их размещения и способствуют отложению их на нижерасположенном подводном откосе.

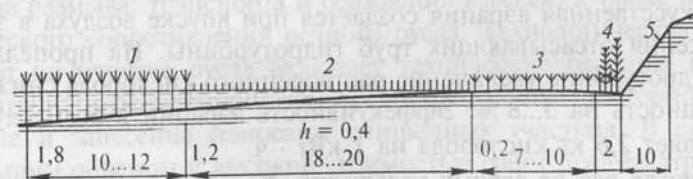


Рис. 4.2. Размещение волноломной и волногасящей растительности на переработанном пляже водохранилища (размеры в м):

1 — тростник или камыш озёрный; 2 — рис дальневосточный; 3 — луг; 4 — ива древовидная; 5 — клиф; h — глубина

Искусственная аэрация. Искусственная аэрация позволяет интенсифицировать процессы самоочищения воды. При дефиците в воде растворенного кислорода процессы самоочищения резко сокращаются. Возникает необходимость искусственной аэрации, которую осуществляют специальными аэраторами, пропуском воды через водосливные плотины и впуском воздуха в отсасываемые трубы работающих гидротурбин. При любом способе аэрации требуется затрата или потеря энергии. Эффективность искусственной аэрации оценивают приростом содержания кислорода на $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ затраченной энергии.

Барботажный аэратор представляет собой воздуходавку с горизонтальной трубой на глубине до 1 м с отверстиями диаметром 1,5 мм. Выходящий через отверстия воздух при движении к поверхности отдает часть кислорода воде. Эффективность такого аэратора около 1 кг кислорода на $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Механический аэратор представляет собой систему располагаемых на понтонах вращающихся труб, которая заглублена под уровень воды до 1 м. Его эффективность 1,14 кг кислорода на $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Механические поверхностные аэраторы, разбрызгивающие воду в воздушном пространстве, также используют для интенсификации процессов самоочищения вод. Достаточную эффективность дает водослив через плотины, представляющий собой свободно падающий поток с сопряжением бьефов по типу затопленного прыжка. Эффективность аэрации в этом случае составляет 1,48 кг кислорода на $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. На плотине Язуы (Москва) высотой 4 м при удельном расходе 250 л/с прирост содержания кислорода в летние дни доходил до 0,57 кг на $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. При увеличении высоты плотины эффективность насыщения воды кислородом повышается, но в расчете на единицу высоты плотины (на 1 кВт) падает. Поэтому для искусственной аэрации целесообразно строительство водосливных плотин высотой до 1 м.

Искусственная аэрация создается при впуске воздуха в зону разрежения отсасывающих труб гидротурбины. На пропеллерной гидротурбине увеличение растворенного кислорода снижает ее мощность на 5...8 %. Эффективность аэрации в этом случае составляет 2,6 кг кислорода на $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Очистка рек от донных отложений. Хозяйственное использование рек и водосборных площадей приводит к загрязнению и заилению речных русел. Речное русло содержит помимо воды твердые фракции ила.

Водный сток определяют грунтовые, снеговые и дождевые воды, твердые фракции — взвешенные наносы, появляющиеся в результате эрозии грунтов на водосборной площади, образовавшиеся в результате распахки значительных площадей, вырубки лесов, лесонасаждений, нарушения водоохранных зон и т. п. и выпадения органических веществ, образующихся в результате процессов самоочистки водоемов. Взвешенные вещества поступают в водоток также со сточными водами, поверхностным стоком с городских территорий, промышленных площадок, животноводческих комплексов и т. п. Водный сток определяет транспортирующую способность реки, которая способна перемещать потоком взвеси без осаждения и таким образом обеспечивать самоочищение. Нарушение транспортирующей способности водотока является причиной заиления речных русел. Сокращение расхода в реке на 25 % приводит к снижению транспортирующей способности потока в 2 раза.

Скорость течения зависит от расхода и уровня воды в реке. При использовании реки для судоходства или при создании гидротехнических сооружений увеличивается глубина и снижается скорость, а следовательно, падает транспортирующая способность. Это приводит к благоприятным условиям заиления водотока на значительном протяжении. В этом случае речной поток не в состоянии размывать донные отложения и обеспечивать самопромывку русла, что приводит к наносам, заилению и обмелению речного русла. Для поддержания русла в санитарном состоянии производят его очистку. Очистка рек от загрязненных донных отложений входит в систему водоохранных мероприятий. Необходимость в очистке русел устанавливается на данных натурных изысканий по выявлению мест скопления загрязнений.

Параметры процессов очистки русел устанавливаются с учетом физических особенностей загрязненных донных отложений, факторов размыва, транспорта и осаждения взвесей, а также гидравлического сопротивления речного русла. Технологическая схема работ по очистке русла включает технические решения и эксплуатационные мероприятия, предотвращающие повторное заиление и занесение наносами очищенных участков. В связи с большим объемом и высокой стоимостью работ предусматривают гидравлическое моделирование разрабатываемых мероприятий.

Качество воды водотока городской территории определяется с учетом загрязнений низовой границы населенного пункта.

Очистка русла от загрязненных донных отложений производится землечерпательными и землесосными снарядами, а также струйными взмучивающими устройствами с водоструйными насосами. Первоочередной является очистка притоков и верховых участков русла.

Технологическая схема очистки землечерпательным снарядом включает:

- разработку грунта землечерпательницей с погрузкой его в шаланды;
- транспортирование грунта; разгрузку грунта в районе складирования или вторичной переработки;
- вторичную переработку грунта землесосными снарядами с подачей на специальные карты.

Иловатые осадки, отделенные от песчаных фракций, успешно используются для удобрения сельскохозяйственных угодий под злаковые культуры.

Использование землесосных снарядов включает следующие операции:

- разработку грунта с подачей пульпы в разделитель песчаных и илистых фракций;
- отгрузку песчаных фракций для использования в производственных целях;
- перекачку илистых фракций на карты намыва или сельскохозяйственные угодья;
- снижение мутности возвратных вод.

Очистка струйными устройствами производится в период паводка или специального попуска (при наличии регулирующих сооружений) и предусматривает взмучивание загрязненных донных отложений струями. Илистые фракции из взмученных отложений транспортируются речными потоками, выносятся за пределы сильно загрязненных участков, распределяются тонким слоем на затопленных участках пойм и в русле реки, активно перерабатываются и очищаются в этих зонах под действием природных факторов. Крупные фракции осаждаются на дно вблизи места взмучивания и экранируют русло чистым песком. В качестве взмучивающих устройств используют плавучие насосные установки с коллектором, имеющим цилиндрические насадки. Такая установка помимо взмучивания дает возможность аэрировать и перемешивать речную воду.

При очистке русла предусматривают мероприятия по охране речных вод от загрязнения в период производства работ. Технологический цикл должен исключать разрыхление грунта в воде, утечку илистых фракций при погрузке и транспортировании; недостаточное осветление возвратных вод, разлив топлива при заправке и утечку смазочных материалов. Для промывки загрязненного в предыдущие годы русла реки осуществляют весной залповые попуски большими расходами. Это положительно сказывается на качестве воды в реке. При осуществлении промывных работ в нижнем течении реки устраивают временные отстойники в пойме реки, старице или выработанных карьерах.

Использование стоков животноводческих комплексов. Стоки животноводческих комплексов губительно действуют на водные объекты. Сложность утилизации, трудности обеспечения санитарного состояния навозохранилищ и жижеборников представляют проблему животноводческих хозяйств страны.

В настоящее время используют следующую технологию обезвреживания навозных стоков: жидкий навоз, удаляемый из помещений скребковым транспортером, гидросмывом или гидросплавом, направляют в жижеборники, откуда насосами или самотеком по лоткам подают в отстойники, где навоз хранится полгода. За это время он разделяется на твердый осадок и осветленную часть, поступающую в бассейны суточного регулирования для смешивания с чистой водой. Эту смесь подают в закрытую оросительную сеть для полива кормовых культур.

Применяют также способ разделения стоков на твердую и жидкую фракции с использованием центрифуг. Это ускоряет процесс осветления стоков, уменьшает площади навозохранилищ и затраты на их строительство. Влажность твердой фракции снижается до 65...70 %. Центрифуги пропускают 800...1000 м³/сут жидкого навоза. При этом твердая часть превращается в компост и ее вывозят на поля. Для утилизации биогаза разработан реактор, способный перерабатывать навозную жижу концентрацией до 18 % (рис. 4.3). Проходя через реактор, биомасса превращается в гумус с высоким содержанием питательных веществ. При разложении органики выделяется биогаз, содержащий метан, двуокись углерода, а также небольшое количество сероводорода. Этот газ поступает в хранилище — емкость из плотной ткани, покрытую слоем поливинилхлорида. Энергию биогаза используют для комбинированного производства энергии и тепла. В этом случае из шлама, полученного при очистке

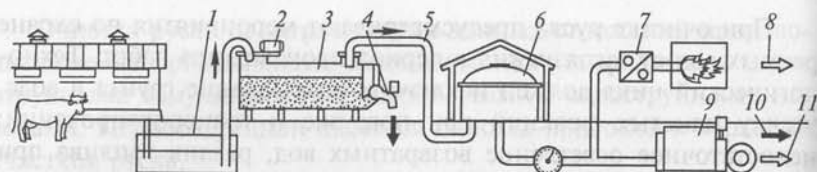


Рис. 4.3. Схема утилизации компонентов, содержащихся в стоках животноводческого комплекса:

1 — колодец для навозной жижи; 2 — насос; 3 — биогазовый реактор; 4 — отработанный осадок; 5 — биогаз; 6 — хранилище биогаза; 7 — газовая горелка; 8 — тепловая энергия; 9 — электроустановка; 10 — электроэнергия; 11 — тепловая энергия

сточных вод, вырабатываются биогаз и высококачественное органическое удобрение.

Если биогаз используют как топливо для двигателей внутреннего сгорания, то после реактора он очищается с целью удаления сероводорода. Сейчас конструируют энергоустановку для производства тепла и электроэнергии из биогаза на основе двигателя автомобиля.

Защита вод от загрязнения синезелеными водорослями. Цветение воды при интенсивном развитии синезеленых водорослей возникает в результате вмешательства человека в формирование естественных биоценозов (создание водохранилищ, сброс сточных вод и др.).

Для регулирования развития синезеленых водорослей предусматривают следующие мероприятия:

- сокращение притока дополнительных пищевых ресурсов в водоемы за счет ограничения почвенного смыва и повышения качества сточных вод;
- очищение поверхности от водорослевых масс с последующим использованием их в хозяйственных целях;
- удаление иловых отложений, аккумулирующих биогенные элементы и органические вещества, и использование их в качестве удобрений;
- повышение кислородного насыщения придонных слоев воды.

Синезеленые водоросли являются ценным растительным сырьем для получения удобрений. По своему действию они равнозначны навозу, а зачастую и превосходят его. Использование водорослевых масс производят без отделения их от воды с помощью насосов. Иногда перед подачей пульпы на поля ее собирают в отстойники на песчаных участках, которые после колымагии зарастают дикорастущими растениями, что закрепляет их от ветровой эрозии. Синезеленые водоросли используют в каче-

стве технического сырья для бродильной промышленности. Из 1 кг воздушно-сухого вещества получают (г): этилового спирта — 25...120, бутилового спирта — 20...50, ацетона — 6...40. Большое количество в синезеленых водорослях азотсодержащих веществ, в первую очередь белков и аминокислот, позволяет использовать их для кормовых целей. Синезеленые водоросли после специальной обработки (высушивание, кипячение, промывание) могут быть использованы для частичной замены (на 50 %) белка кормового рациона птицы. Эти водоросли богаты витаминами и микроэлементами. Перспективно использование синезеленых водорослей для фармацевтической и парфюмерной промышленности.

Тепловые загрязнения. Тепловое загрязнение вод атомными и тепловыми электростанциями можно уменьшать в результате ограниченного использования естественных водоисточников для охлаждения. Для этой цели создают собственные водохранилища-охладители, брызгальные бассейны или мощные градирни. В отдельных случаях водяные охлаждения заменялись воздушными. В районах с прохладным климатом в водохранилищах-охладителях целесообразно разведение рыбы. Подогрев воды дает существенную прибавку рыбной продукции. Использование растительноядных рыб в таких водоемах предотвратит их эвтрофикацию.

Отходы водного транспорта. Загрязнение вод отходами водного транспорта предотвращают путем сбора отходов с судов на специальные береговые или плавучие приемные пункты для переработки. Такие пункты создаются как в речных, так и в морских портах. Для исключения загрязнения морских вод нефтепродуктами создаются экологически чистые танкеры с двойным корпусом. Зазор между двумя корпусами для холостого хода заполняют балластной водой, не соприкасающейся с нефтью.

Загрязнения поверхности воды нефтепродуктами. Существуют различные способы очистки поверхности воды от нефтяных загрязнений. Один из способов механической очистки показан на рис. 4.4. При движении судна широкие захваты, расположенные с обеих сторон судна, направляют загрязненную воду к бортам, где установлены особые щетки, запатентованные фирмой. Вращаясь, щетки захватывают с поверхности моря нефтепродукты. Очищенная вода возвращается в море. Нефтепродукты сначала направляют в ловушку, затем в обширную емкость, которая оборудована системой подогрева, облегчающей их перекачку на плавучий собиратель отходов.

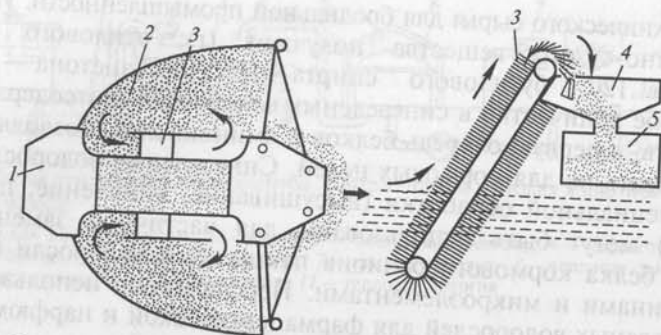


Рис. 4.4. Устройства для сбора плавающих на поверхности нефтепродуктов: 1 — плавающее средство; 2 — захваты; 3 — щетки; 4 — нефтеловушки; 5 — емкость с нефтепродуктом

Загрязнения атмосферы. Мерами предохранения природных вод от загрязнения через атмосферу должны служить установки газо-, золо- и пылеуловителей и различные устройства для рекуперации отходов.

В целом следует иметь в виду, что даже самые совершенные методы очистки сточных вод смогут лишь отдалить загрязнение природных вод, но не приостановить его, поскольку в экономически развитых районах будут использоваться все водные ресурсы, что вызовет их загрязнение даже при соблюдении норм очистки сточных вод. Поэтому проблема чистой воды может быть решена только путем перевода к замкнутым системам водоснабжения, в которых очистные сооружения должны быть предназначены не для подготовки вод к впуску их в естественные водотоки, а для многократного использования в производственных циклах.

4.7. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ С УЧЕТОМ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Под прогнозированием достаточно часто подразумевают определение свойств или состояния какого-либо объекта или системы через заданный интервал времени. Взаимоотношения человека и природы в будущем во многом объективно не определены, и предвидеть их характер как количественно, так и качественно практически невозможно. Поэтому рассмотрение процессов развития с вероятностных позиций приведет к бесчисленному множеству различных решений, реализация которых не будет результативной. В связи с этим возникла необходимость обширного ис-

следования долгосрочного планирования и разработки соответствующей методологии для оценки социальных, технических и экологических аспектов окружающей среды будущего. Это необходимо не только для оценки длительного влияния современных видов антропогенного воздействия на окружающую среду, но и для определения параметров социально-культурных аспектов жизни, с тем чтобы сделать правильный выбор. Долгосрочный прогноз должен отражать принципы развития этой системы.

Существуют следующие методы долгосрочного прогнозирования: метод экспертных оценок, основанный на использовании интуиции, опыта знаний экспертов, высказывающих свои суждения по объекту прогнозирования. Этот метод позволяет без каких-либо детальных расчетов и исследований приближенно оценивать перспективу развития известных процессов: моделирования, основой которого является создание некоторой логической или информационной модели, подобной явлениям или процессам, происходящим в природе; метода экстраполяции, заключающегося в мысленном развитии или расчете, вскрытых на определенном этапе развития перспектив будущего.

Прогнозирование использования водных ресурсов с учетом природоохранных факторов требует применения методики общенаучных методов, ибо при решении данной проблемы приходится учитывать результаты исследований всех наук. Каждый метод прогнозирования можно представить как алгоритм переработки информации. При этом требования любого метода к исходным данным могут заключаться в виде кодов.

В долгосрочных прогнозах важно соблюдение необходимой степени детализации разработок, которая должна быть меньше используемых в настоящее время. Пока наиболее распространенным является метод экспертных оценок, который применяется и при прогнозировании использования природных вод с учетом охраны природы. Однако степень точности прогнозов по мере удаления от расчетного периода времени соответственно будет уменьшаться, что вполне естественно.

Необходимость долгосрочного прогнозирования рационального использования и охраны водно-земельных ресурсов совершенно очевидна, ибо результаты его во многом будут предопределять развитие различных отраслей народного хозяйства и оказывать влияние на уровень жизни населения. Вместе с тем в современной обстановке и в ближайшей перспективе требуется создание все новых водохозяйственных систем и объектов. Этому должно предшествовать обоснование, включающее следующие этапы:

— определение потребностей в воде для различных водопользователей в пределах данного района или бассейна на соответствующих расчетных этапах и увязка этих требований с соседними бассейнами;

— всестороннее изучение природных условий и особенностей намечаемых водохозяйственных мероприятий, учитывающих проведение мер по экономному расходованию воды и защите ее от загрязнения и истощения;

— разработку и обоснование методики моделирования процессов функционирования водохозяйственных систем с учетом воздействия антропогенных факторов;

— разработку и использование математического и технического моделирования решаемых задач;

— изучение конкретных процессов на моделях и интерпретацию результатов моделирования;

— разработку ряда вариантов проектных решений на основе проведенного моделирования; всестороннее сравнение всех вариантов и выбор наиболее оптимального из них, исходя из социальных, экологических и технико-экономических условий;

— комплексное проектирование и осуществление намеченных решений.

Применяемые в настоящее время математические модели комплексного использования и охраны водных ресурсов базируются на описании природных связей с помощью математических уравнений.

Водохозяйственное и мелиоративное строительство вносит существенные изменения в окружающую среду, поэтому к разработке проектов и их экологическому обоснованию привлекаются специалисты различного профиля, которые наряду с решением отдельных частных вопросов дают общую объективную оценку всей совокупности природных явлений и анализируют ход их изменения после осуществления намеченных мероприятий. Строительство водохозяйственной системы нельзя начинать до тех пор, пока не будет полной ясности о возможных последствиях, даже и в том случае, если от задержки осуществления проекта намечаемые водопользователи будут временно испытывать некоторый ущерб. При этом по мере накопления новых данных систематически пересматриваются принимаемые решения. Решения, которые нам представляются прогрессивными, могут оказаться архаичными через небольшой период времени, особенно имея в виду, что гидротехнические объекты рассчитаны на весьма длительные сроки эксплуатации. Поэтому для ряда осуществляемых проектов предусматривают временные условия эксплуатации.

ГЛАВА 5

ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Одной из наиболее актуальных проблем, волнующих сегодня человечество, стала проблема охраны природы, рационального использования естественных богатств.

5.1. ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Под охраной вод подразумевают деятельность людей, направленную на сохранение, восстановление и улучшение состояния природных запасов воды на Земле.

В Водном кодексе Российской Федерации сказано, что гражданам России имеют право на чистую и благоприятную водную среду и оптимальные условия водопользования, при этом качество поверхностных и подземных вод должно отвечать санитарным и экологическим требованиям, а водные объекты подлежат защите от загрязнения, засорения и истощения; необходимо сохранять биологическое разнообразие водных экосистем; даны понятия загрязненности и засорения водных объектов.

Степень загрязнения водных источников определяют концентрацией в воде вредных примесей и оценивают требованиями различных отраслей народного хозяйства.

Возбудители заболеваний. В последние десятилетия значительно расширилось число заболеваний, связанных с распространением их возбудителей водным путем. Инфекционными источниками являются сточные воды населенных пунктов, животноводческих хозяйств и ряда производств (боен, биофабрик, кожевенных заводов, шерстомоек др.).

В Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами указывается, что вода источников централизованного водоснабжения не должна содержать возбудителей заболеваний. Однако из-за трудностей их обнаружения в практике

пользуются косвенным приемом — по количеству содержания в воде кишечных палочек.

Антропогенное воздействие на природу нарушает приобретенную в процессе эволюции замечательную способность к саморегулированию. Видимые искусственные изменения в природной среде часто приводят к коренным изменениям связей в экосистемах и прогрессирующему разрушению биосферы.

Вопросы охраны водных ресурсов при проектировании. При решении задач районной планировки как комплекса технико-экономических, планировочных и инженерных мероприятий учитываются меры по охране основных природных компонентов — воды, атмосферного воздуха, почвенно-растительного покрова и т. п. Эти задачи тесно связаны с размещением производительных сил, расселением, организацией массового отдыха людей.

При проектировании намечают ряд мер, способствующих оздоровлению и охране водного бассейна района в соответствии с намечаемыми масштабами развития его водного хозяйства и роста населения:

- анализ состояния поверхностных и подземных вод, выявление наиболее неблагоприятных участков территории и отдельных водотоков, основных отраслей хозяйства и отдельных наиболее крупных предприятий, являющихся главными источниками загрязнения водного бассейна;

- прогноз состояния водного бассейна с учетом намечаемых в схеме (проекте) районной планировки масштабов развития района, а также выявление проблемных отраслей и территорий;

- система мероприятий по охране поверхностных и подземных вод от загрязнения их промышленностью, сельским хозяйством, коммунальным сектором.

Анализ состояния поверхностных и подземных вод включает оценку потенциальной опасности их загрязнения, которая для поверхностных вод производится с учетом многоводности водотоков, скорости течения, экспозиции склона, температуры воды и других характеристик. Для подземных вод наиболее важно в этом отношении наличие достаточно мощного и плотного покрывающего слоя, надежно защищающего водоносный горизонт от проникновения загрязнений. Помимо названных факторов потенциальная опасность загрязнения зависит также от числа и характера водопользователей в районе и в смежных районах, находящихся выше по течению относительно рассматриваемой территории.

При прогнозировании состояния поверхностных и подземных вод большую роль играет ретроспективный анализ, позволяющий проследить динамику их качества. Прогнозирование качества воды с учетом ожидаемого в перспективе развития промышленности, сельского хозяйства, роста населения и т. д. целесообразно вести применительно к *трем возможным уровням ожидаемого состояния поверхностных и подземных вод:*

- при сохранении современных тенденций загрязнения;

- с учетом достижений научно-технического прогресса и ожидаемых в перспективе изменений в технологии производства и очистки сточных вод;

- исходя из возможности внедрения оборотного водоснабжения и возможно более полной очистки сточных вод.

Проблема сохранения чистоты водного бассейна определяется разностью между ожидаемым в перспективе и предельно допустимым загрязнением наиболее существенными для данного района загрязнителями (БПК₅ солей тяжелых металлов, фенолов, бактериального загрязнения и т. п.), на основании чего определяются конкретные мероприятия по охране поверхностных и подземных вод.

Все нормативные показатели качества воды и технические условия отведения сточных вод в водные объекты принимаются в соответствии с требованиями к составу и свойствам воды, которые приведены выше.

Мероприятия по сохранению чистоты водоемов и водотоков осуществляют с учетом того, что все водные источники могут быть подразделены по качеству воды на несколько классов:

- *чистые, до незначительно загрязненных:* вода прозрачна и богата растворенным в ней кислородом, биохимическая потребность в кислороде (БПК) незначительна, встречается множество внешних организмов, водятся лососевые породы рыб;

- *незначительно загрязненные, до умеренно загрязненных:* вода непрозрачна, БПК невелика, встречаются водоросли и другие водные растения. Имеются живые организмы: рачки, улитки, ракушки и т. п., среди рыб преобладают рыбы семейства карповых;

- *умеренно загрязненные:* в воде имеется некоторое количество кислорода, БПК увеличивается, наряду с бактериями в воде встречаются низшие растения, водоросли, мелкие живые организмы;

- *сильно загрязненные:* в воде происходят процессы гниения, кислорода либо вообще нет, либо имеется в ничтожных количествах.

вах, отмечается образование сероводорода, в большом количестве встречаются бактерии, водоросли и высшие растения отсутствуют.

Водоемы и водотоки считаются загрязненными, если показатели состава и свойств воды в них изменились под влиянием производственной и непроизводственной деятельности и стали полностью или частично непригодными для одного из видов водопользования. Критерием загрязненности воды является ухудшение ее качества и приобретение ею свойств, вредных для человека, флоры и фауны, в зависимости от вида водопользования.

При одновременном использовании водного объекта или его участка для различных нужд народного хозяйства при определении условий сброса сточных вод следует исходить из более жестких требований в ряду одноименных нормативов качества поверхностных вод.

Основные мероприятия по охране поверхностных вод от загрязнений:

- внедрение замкнутых водооборотов в промышленных узлах и на отдельных предприятиях; обеспечение надлежащего разбавления производственных и коммунально-бытовых стоков путем регулирования стока рек;

- биологическая очистка и доочистка сточных вод.

Применение основных методов очистки промышленных сточных вод и достижимая степень очистки представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Эффективность очистки промышленных сточных вод

Метод очистки	Степень очистки, %	
	по нерастворимым веществам	по БПК ₅
Механический:		
отстаивание	60...90	30...40
коагуляция, нейтрализация с последующим отстаиванием	80...85	40...50
Физико-химический (электростатический, ионный обмен, сорбция)	90	50...75
Биологический	90	80...90

Основные мероприятия по охране подземных вод:

- профилактические (контроль и наблюдение за качеством подземных вод, надежное в санитарном отношении устройство водозаборов подземных вод и т. п.);

- локальные — ограничивающие продвижение загрязнений по водоносному пласту от очага загрязнения;

- восстановительные — имеющие целью ликвидировать загрязнение водоносного горизонта и восстановить природное качество подземных вод.

Очистные сооружения сточных вод размещают с подветренной стороны для господствующих ветров по отношению к населенному пункту с учетом санитарно-защитных зон (табл. 5.2).

Охрана от загрязнения прибрежных вод. Прибрежные воды предоставляются в пользование при соблюдении предусмотренных законом требований и условий для удовлетворения рекреационных, оздоровительно-лечебных, хозяйственно-питьевых (после опреснения), промышленных, энергетических, транспортных, рыбохозяйственных и иных государственных и общественных целей.

Различают два основных вида водопользования прибрежными водами — общее и специальное.

Общее водопользование прибрежными водами осуществляется без применения сооружений или технических устройств, влияющих на качество воды. Для этого не требуется разрешения государственных органов.

Специальное водопользование в прибрежных водах осуществляется с применением сооружений и технических устройств. К специальному водопользованию может быть отнесено пользование прибрежными водами (без применения сооружений или технических устройств), которое оказывает влияние на качество воды. На специальное водопользование водопользователям требуются лицензия на водопользование, разрешение специально уполномоченных органов по регулированию использования и охране. Частичное или полное запрещение использования прибрежных вод, имеющих особое значение, рыбохозяйственную или культурную ценность, производится в установленном порядке в целях охраны этих прибрежных вод от загрязнения, засорения и других негативных последствий деятельности человека.

Водный транспорт, промышленные предприятия, организации и учреждения обязаны не допускать загрязнения и засорения прибрежных вод. В связи с этим предусматриваются меры по устранению потерь масел, древесины, химических, нефтяных и иных продуктов, а также загрязнений и засорений ледяного покрова прибрежных вод и поверхности водосборов производственными, бытовыми отходами, а также нефтяными и химическими продуктами. Колхозы, совхозы, лесхозы и другие предприятия, организации и учреждения обязаны предотвращать загрязнение прибрежных вод минеральными удобрениями, ядохимикатами и древесиной.

Таблица 5.2. Санитарно-защитные зоны очистных сооружений систем водоотведения

Наименование сооружений	Санитарно-защитные зоны (м) при расчетной производительности сооружений, тыс. м ³ /сут			
	До 0,2	Более 0,2 до 5	Более 5 до 50	Более 50 до 280
Сооружения механической и биологической очистки с иловыми площадками для сброженных осадков, а также отдельно расположенные иловые площадки	150	200	400	500
Сооружения механической и биологической очистки с термомеханической обработкой осадков в закрытых помещениях	100	150	300	400
Поля фильтрации	200	300	500	1000
Поля орошения	150	200	400	1000
Биологические пруды	200	200	—	—
Сооружения с циркуляционными окислительными каналами	150	—	—	—
Насосные станции	15	20	20	30

В целях охраны от загрязнения прибрежных вод, используемых для питьевого и бытового водоснабжения, лечебных, курортных и оздоровительных нужд населения, устанавливаются районы водопользования населения и два пояса зоны их санитарной охраны.

В районы водопользования включаются: районы, используемые в настоящее время и предусматриваемые на перспективу для купания, водного спорта и культурного отдыха с устройством пляжей и водных станций в границах населенных мест, пригородов, курортов (санаториев, домов отдыха, пансионатов), туристских баз, кемпингов, палаточных городков и других баз длительного и кратковременного отдыха населения, а также районы водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения, плавательных бассейнов, водолечебниц и других бальнеологических сооружений. Границы охраняемых прибрежных вод определяются с учетом перспективы использования побережья для культурно-бытовых и рекреационных нужд населения или в других народнохозяйственных целях.

Организация района водопользования населения должна быть направлена на обеспечение его эпидемической безопасности и предупреждение ограничения водопользования вследствие загрязнения вредными веществами. Границы такого района по береговой протяженности определяются зоной фактического и перспективного организованного водопользования.

Зоны санитарной охраны водопользования включают: зону охраны источника водоснабжения в месте водозабора, зону и санитарно-защитную полосу водопроводных очистных сооружений и санитарно-защитную полосу водоводов.

Согласно СНиП 2.04.02—84, зона санитарной охраны для источника водоснабжения устанавливается в три пояса, для водозаборных сооружений и очистных сооружений она состоит из первого пояса, для водоводов — из второго пояса. Зону санитарной охраны водного источника предусматривают из трех поясов: первого — строгого режима, второго и третьего — режима ограничения.

Зона санитарной охраны водопользования служит для предотвращения превышения установленных нормативных показателей микробного и химического загрязнений воды в пределах района фактического и перспективного водопользования.

Территориальные воды РФ (внутренние моря и устьевые области рек) считаются рыбохозяйственными водоемами, когда используются для промысловой добычи рыбы, водных животных и растений или имеют значение для воспроизводства запасов промысловых рыб.

Мероприятия по предотвращению загрязнения прибрежных районов должны проводиться с учетом необходимости выполнения требований международных договоров РФ по охране от загрязнения вод морей. Буровые, геологоразведочные и другие работы, оказывающие вредное влияние на живые ресурсы моря, могут осуществляться в пределах береговых охраняемых полос, во внутренних морских и территориальных водах РФ и на континентальном шельфе РФ только при наличии специального разрешения, выдаваемого в установленном порядке. Береговой охраняемой полосой при этом считается двухкилометровая прибрежная полоса суши, отсчитываемая от линии максимального уровня моря, наблюдавшегося в данном месте.

Расчеты загрязнений от поступления в акватории (в границах прибрежных охраняемых районов) стоков, содержащих вещества с лимитирующими показателями вредности, должны учитывать наличие веществ, находящихся в морских водах или поступающих к месту смешения. Причем сумма отношений таких концентраций ($C_1, C_2, \dots, C_n$) каждого из веществ в расчетном створе водного объекта на границе района водопользования не должна превышать единицы. Оценка уровня загрязнений прибрежных вод районов водопользования населения и поясов зон их санитарной охраны дается по показателям, приведенным в табл. 5.3.

Таблица 5.3. Требования к составу морской воды района водопользования и I пояса зоны санитарной охраны

Характеристика воды	Требования к воде	
	Район водопользования	I пояс зоны санитарной охраны
Плавающие вещества	Отсутствие плавающих веществ на поверхности и в верхнем (30 см) слое воды (пленка, масляные пятна, включения и другие примеси)	Отсутствие плавающих веществ и других примесей на поверхности воды
Запахи	Интенсивность запахов не должна превышать 2 баллов (при отсутствии постороннего запаха и привкуса)	Отсутствие постороннего запаха и привкуса
Прозрачность	Не менее 30 см, когда снижение прозрачности обусловлено местными гидрофизическими, топографо-гидрологическими и другими природно-климатическими факторами, величина ее не регламентируется	Не регламентируется
Окраска	Не допускается окраска воды в столбике воды 10 см	То же
Биологическая потребность в кислороде (БПК ₅)	Менее 3,0 мг О ₂ /л при 20 °С	»
Возбудители инфекционных заболеваний	Не должны обнаруживаться	»
Количество кишечных палочек в 1 л воды	Не более 1000	Количество регламентируется применительно к условиям спуска сточных вод
Вредные вещества	Регламентируется в соответствии с перечнем разрабатываемых гигиенических нормативов для морских вод	То же

В местах водозаборов и плавательных бассейнов с морской водой количество кишечных палочек и энтерококков не должно превышать соответственно 100/л и 50/л.

При систематическом сезонном развитии и скоплении водорослей предусматриваются мероприятия по очистке от них района водопользования. При органических загрязнениях, превышающих установленный норматив, оценка загрязнения производится с учетом общей санитарной ситуации и других прямых и косвенных санитарных показателей загрязнения морской среды. Для определения в воде патогенных микроорганизмов применяют методы, рекомендованные Методическими указаниями

по гигиеническому контролю загрязнения — методическими указаниями по обнаружению в воде возбудителей кишечных инфекций. В местах массового купания дополнительным показателем загрязнения является количество стафилококков в воде. Сигнальным значением для регламентации нагрузки на пляжи является повышение их количества до более 100 в 1 л.

Условия отведения, степень очистки и обеззараживания сточных вод при спуске их в районах I пояса зоны санитарной охраны должны обеспечивать коли-индекс сточных вод не более 1000 при концентрации свободного хлора не менее 1,5 мг/л. При отведении сточных вод с берега за пределы I пояса зоны санитарной охраны микробное загрязнение морской воды на границе I—II поясов зоны не должно превышать по коли-индексу 1 млн. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, принятые в Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами и указанные в дополнительном перечне ПДК вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования № 2263—80, временно распространяются на воды районов водопользования населения и I пояса зон их санитарной охраны, используемых в рекреационных, оздоровительных и хозяйственно-питьевых (после опреснения) целях. Общие требования к составу и свойствам прибрежных вод морей, используемых для рыбохозяйственных целей, аналогичны требованиям, изложенным в Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами.

Качество прибрежных вод морей и устьевых областей рек, используемых для рыбохозяйственных целей, устанавливается в зависимости от категории водного объекта, в соответствии с ГОСТ 17.1.2.04—77 «Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правил токсикации рыбохозяйственных водных объектов». При этом водными объектами высшей (особой) категории являются места нерестилищ, массового нагула и зимовальные ямы особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов (например, лососевых, осетровых, морской выдры); основные нерестилища, места массового нагула и зимовальные ямы ценных видов рыб, являющихся важными объектами промысла или организованного любительского лова (например, леща, судака, воблы); водоохранные зоны хозяйства любого типа для искусственного разведения рыб и водоохранные зоны садковых и прудовых хозяйств.

К водным объектам первой категории относятся водоемы, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода. Наиболее важные участки этих водоемов в установленном порядке могут получать статус преимущественного рыбохозяйственного водопользования.

К водным объектам второй категории относятся водоемы, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода. Наиболее важные участки этих водоемов в установленном порядке могут получать статус преимущественного рыбохозяйственного водопользования. К водным объектам второй категории относятся водоемы, используемые для других рыбохозяйственных целей.

В районе стационарных выпусков сточных вод состав и свойства морской воды независимо от условий смешения должны удовлетворять рыбохозяйственным требованиям на расстоянии 250 м и более в любом направлении от места выпуска. В водные объекты высшей (особой) категории, а также морские районы или их отдельные участки, перспективные для рыбного промысла или для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб и других объектов водного промысла, в места массового нереста, нагула рыб и расположения зимовальных ям, на путях миграции рыб, сброс любых сточных вод, в том числе и очищенных, запрещается.

Запрещается сброс сточных вод, если они содержат вредные вещества, предельно допустимые концентрации которых превышают установленные нормы; ценные отходы, которые могут быть утилизированы на данном или на других предприятиях; производственное сырье, реагенты, полупродукты или конечные продукты производства в количествах, превышающих установленные нормативы технологических потерь; возбудителей заболеваний; вещества, для которых не утверждены предельно допустимые концентрации, могут быть исключены из системы водоотведения путем рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения или устройства бессточных производств.

Запрещается сброс очищенных производственных и бытовых сточных вод:

- в границах охраняемых прибрежных районов водопользования;
- в моря или прибрежные охраняемые районы, объявленные заповедными;

— в моря или прибрежные охраняемые районы, имеющие особое государственное значение либо особую научную и культурную ценность.

Запрещаются на побережье моря (двухкилометровой полосе):

— работы, оказывающие вредное влияние на живые ресурсы моря (авиаопыливание и авиаопрыскивание при обработке сельскохозяйственных, лесных и других угодий);

— использование препаратов ДДТ, гексахлорана, полихлорпинена, дилора, сумитиона, пентахлорфенолята натрия, полихлоркамфена, байтекса, актеллика, этафоса, гетерофоса, а также других веществ;

— применение и хранение пестицидов, устройство взлетно-посадочных площадок для авиационных химических работ, ванн для купания скота, площадок для заправки наземной аппаратуры ядохимикатами;

— применение препаратов для борьбы с вредителями и болезнями растений и сорняками, вредных для здоровья людей;

— размещение шламонакопителей, хвостохранилищ и других гидротехнических сооружений, могущих оказать отрицательное влияние на прибрежные районы морей;

— устройство полигонов бытовых отходов (свалок), мест складирования отходов промышленности, а также строительство животноводческих ферм и комплексов.

Запрещается сброс в прибрежные морские воды концентрированных кубовых осадков, образующихся в результате обезвреживания радиоактивных сточных вод, а также высокоактивных жидких стоков; сброс и обезвреживание сточных вод, содержащих радиоактивные вещества.

При проектировании и строительстве глубоководных выпусков сточных вод в прибрежные воды моря, выборе места расположения выпусков и расчетах степени смешения и разбавления учитываются гидрологические, санитарные условия, а также рыбохозяйственное значение водного объекта: характер и направление прибрежных морских течений, степень загрязнения морской воды вредными веществами, сезонная и годовая изменчивость названных выше характеристик, переформирование дна, направление и сила господствующих ветров и другие природные особенности. При конструктивных, инженерно-технических и технологических решениях глубоководных выпусков сточных вод большой протяженности должны учитываться океанографические факторы (глубинные течения, явления плотностной и темпера-

турной стратификации вод, процессы турбулентной диффузии и др.), способствующие ликвидации поступающих загрязнений.

Состав и свойства воды в устьевых областях рек и других водотоков, впадающих в моря, в границах районов водопользования населения, имеющих рыбохозяйственное значение, должны отвечать нормативам и требованиям, предъявляемым к воде водоемов, используемых в рекреационных и рыбохозяйственных целях, за исключением показателей, зависящих от природных особенностей этих вод.

5.2. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

В нашей стране организованы специальные наблюдения за изменением состояния биосферы, которые необходимы для оценки состояния окружающей, в том числе водной среды, а также составления прогноза и выявления тенденций изменения уровня этого состояния.

Полученные таким образом материалы позволяют принимать решения для предотвращения нежелательных последствий и управлять отношениями человека с окружающей его природной средой. Общегосударственная служба наблюдений и контроля за уровнем загрязнения водных объектов организована на базе наблюдательных, оперативных и научных организаций Росгидромета и предусматривает использование других организаций контролирующих министерств. Наблюдательные пункты расположены в столицах субъектов Российской Федерации, крупных промышленно-экономических районах, на водных объектах и в сельскохозяйственных зонах, подверженных загрязнению промышленными выбросами, сбросами сточных вод, ядохимикатами и иными загрязняющими активными веществами, а также в районах минимального загрязнения (фоновые наблюдения). Основными принципами в организации наблюдений за состоянием окружающей среды являются систематичность и комплексность, что предусматривает одновременно с наблюдениями за загрязнением пресных и морских вод проведение сопутствующих метеорологических, гидрологических и гидробиологических наблюдений.

Контроль за качеством и распределением пресных вод возложен на ряд министерств и ведомств, территориальные органы, контролирующие выполнение требований норм, стандартов и

предписаний о расходовании воды промпредприятиями, населенными пунктами и т.п.

Государственный контроль за качеством и распределением пресных вод возложен на государственные органы исполнительной власти субъектов РФ, на специально уполномоченные государственные органы управления использованием и охраной водного фонда, охраной окружающей природной среды и другие органы исполнительной власти.

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет РФ) осуществляет мониторинг поверхностных вод, в том числе контролирует качество поверхностных вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям.

Министерство природных ресурсов РФ (МПР РФ) ведет совместно с Росгидрометом мониторинг поверхностных водных объектов суши и морей, а в составе государственного мониторинга геологической среды ведет мониторинг подземных водных объектов.

Государственный комитет РФ по охране окружающей среды при ведении мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую среду дает оценку антропогенного воздействия на водные объекты, включая оценку качества их воды.

Государственный комитет РФ по рыболовству дает оценку состояния водных объектов как среды обитания водных животных и растений.

Министерство здравоохранения РФ при проведении социально-гигиенического мониторинга дает оценку качества воды источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также оценку качества водных объектов, содержащих природные лечебные ресурсы, и водных объектов, используемых для рекреации. Это необходимо как с целью изучения распределения загрязняющих веществ во времени и пространстве, так и для выявления источников загрязнения и определения эффективности водоохраных мероприятий.

Систематическая и экстренная информация об изменении уровня загрязнения водных объектов под влиянием хозяйственной деятельности или гидрометеорологических условий позволяет прогнозировать и предупреждать возможные загрязнения.

Анализ результатов наблюдений используется для составления рекомендаций по рациональному использованию водных ресурсов, годовых и перспективных государственных планов развития народного хозяйства, а также для проектирования про-

мышленных предприятий, водохозяйственных сооружений, планирования размещения крупных промышленно-энергетических и сельскохозяйственных комплексов, городов и пр.

Системы контроля могут быть стационарными и мобильными. Отбор проб и контроль качества непрерывно совершенствуются.

Систематические наблюдения и контроль за загрязнением вод суши осуществляется как в местах, подверженных влиянию хозяйственной деятельности человека, так и в районах минимального загрязнения (фоновые наблюдения), для чего в состав сети включаются стационарные пункты наблюдений за уровнем загрязнения поверхностных вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям; специализированная сеть пунктов на загрязненных водных объектах для решения оперативных и прогностических задач, а также для изучения процессов накопления загрязняющих веществ в донных отложениях и влияния последних на качество воды — наблюдения проводятся по специальной программе; временная экспедиционная сеть пунктов для получения данных на водных объектах, не охваченных стационарными и специализированными наблюдениями.

Гидробиологические наблюдения за состоянием водоемов и водотоков организуются на пунктах наблюдений, расположенных на особо важных водных объектах.

Пункты стационарной сети в зависимости от программ наблюдений делятся на четыре категории.

Пункты 1-й категории размещаются на водных объектах (или их участках) особо важного народнохозяйственного значения, устьевых участках и замыкающих створах основных крупных речных бассейнов, местах нерестилищ и зимовий ценных пород рыб.

Пункты 2-й категории устраивают на водных объектах, прилегающих к районам промышленных городов и рабочих поселков, население которых использует воду для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд, и на участках массового отдыха населения, имеющих большое рыбохозяйственное значение; в местах сброса коллекторно-дренажных вод, отводимых с сельскохозяйственных угодий; на трансграничных створах рек, втекающих на территорию РФ из-за рубежа или вытекающих за ее пределы; на замыкающих створах больших и средних рек, впадающих в моря и внутренние водоемы, имеющих большое народнохозяйственное значение; на замыкающих створах рек, по которым составляются водохозяйственные балансы с характеристикой качества водных ресурсов; в приустьевой зоне больших притоков крупных рек, озер и водохранилищ.

Пункты 3-й категории предусматривают на водных объектах, где воздействие на качество воды носит умеренный и слабый характер, т. е. в районах небольших городов, населенных пунктов, промышленных предприятий, местах отдыха людей (дома отдыха, туристические базы и пр.), местах поступления стоков с сельскохозяйственных угодий.

Пункты 4-й категории размещаются на водных объектах, которые не подвержены прямому воздействию загрязнений (фоновые участки).

Перечень наблюдаемых ингредиентов и показателей качества воды на пунктах стационарной сети определяется главным образом химическим составом и объемом сточных вод, их токсичностью и другими условиями, которые оговариваются требованиями со стороны потребителей воды. Это обуславливает характер и направленность программ наблюдений пунктов стационарной сети. Тем не менее определение показателей качества воды, регламентируемых для санитарно-бытового и рыбохозяйственного водопользования, является обязательным для всех пунктов сети и входит в общую программу. К таким показателям относятся: температура воды, взвешенные вещества, минерализация, цветность воды, мутность, диоксид углерода, водородный показатель, биохимическое потребление кислорода в течение 5 суток, запахи, основные ионы, биогенные компоненты и такие широко распространенные загрязняющие вещества, как нефтепродукты, детергенты, летучие фенолы, пестициды, соединения тяжелых металлов.

Комплекс наблюдений сбора и обработки полученной информации о состоянии водных объектов и управление этими данными составляет часть государственного мониторинга окружающей природной среды.

На инспекции горного надзора возложены функции контроля за состоянием поверхностных и подземных вод в зонах разработки полезных ископаемых и в пределах континентального шельфа.

Для устранения дублирования наблюдений, унификации методики отбора проб и повышения качества анализов первостепенное значение имеет четкая координация работ всей сети наблюдений и гидрохимических лабораторий. Для этого данные всех наблюдений передаются в гидрометфонд и систематически публикуются.

В настоящее время для изучения и охраны водных ресурсов могут использоваться авиационно-космические методы: визуальные наблюдения, аэрофото- и аэрокиносъемки, которые вы-

полняются с высот от сотен метров до 10...15 км. Наблюдения за состоянием биосферы проводят и со всех видов космических летательных аппаратов. В этих случаях фотографирование дополняется спектрографированием, инфракрасной, микроволновой и телевизионной съемками. Космические наблюдения позволяют определять моменты наступления паводков, наводнений, селевых потоков. С космических летательных аппаратов просматриваются скопления водных растений и листьев, т. е. биологические загрязнения водоемов, регистрируются тепловое загрязнение вод и загрязнение вод механическими примесями. Все эти данные также передаются в банк исходной информации о составе и свойствах поверхностных вод.

5.3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Качество воды водных объектов оценивается по физико-химическим, биологическим и микробиологическим показателям, анализ которых позволяет установить соответствие или несоответствие рассматриваемого водоема требованиям, предъявляемым водопотребителями, согласно действующим законодательным актам. Критерием оценки допустимости загрузки водных источников веществами загрязнения являются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в водных объектах, а также их общесанитарная характеристика. Требования, предъявляемые к качеству воды рек, озер и морей, разработаны в виде ПДК для источников водоснабжения, водоемов, расположенных в пределах населенных пунктов и зон отдыха, а также для водных объектов рыбохозяйственного значения. Для других водопользователей единых правил у нас нет. Правилами регламентируются органолептические и общесанитарные показатели качества воды, а также концентрации вредных — токсических веществ.

Согласно действующим в нашей стране правилам, допускаемые сбросы веществ загрязнения (сточных вод и пр.) определены для каждого производства, города или поселка исходя из ПДК вредных веществ в зоне водопользования-водопотребления. При этом учитываются процессы превращения веществ между местом впуска сточных вод и створом водопользования. Контроль за выполнением предписаний органов водной инспекции осуществляется по показателям качества воды в водном объекте-приемнике сточных вод.

В настоящее время ведутся исследования по разработке комбинированной системы ограничения сбросов. Идет дискуссия по методике определения предельно допустимых сбросов, которая учитывала бы технические и экономические возможности по переустройству технологии производства и очистки остаточного загрязнения, а также дифференцированные (с учетом влияния фактора времени) требования к качеству воды водных объектов, отражающие соблюдение равновесия водных экосистем под влиянием антропогенных факторов.

Принцип групповой оценки качества воды водоемов был предложен С.М. Драчевым, который разделил водоемы на 5...6 категорий в зависимости от интересов водопотребителей-водопользователей. Наряду с этим другие авторы предложили характеризовать состояние воды водоемов тремя группами показателей: общесанитарными и органолептическими, токсическими и санитарно-микробиологическими. По каждой группе выявляется критический лимитирующий показатель. Общелимитирующим считают показатель той группы, которая является определяющей с точки зрения категории водопотребления-водопользования. Этот метод обоснован предельным состоянием водоема и является наиболее жестким. Предельно допустимые показатели качества воды по общесанитарным показателям по сравнению с Правилами несколько модифицированы с учетом местных условий.

Комплексная оценка качества поверхностных вод возможна с помощью индекса качества воды (ИКВ) $I_{пр}$, характеризующего совокупность основных показателей в зависимости от видов водопользования. Разработаны также способы построения составляющих индексов: общесанитарного $I_{о.с}$ и специфических загрязнений I_z и дан способ определения соответствия численного значения индекса качественному состоянию водоема при использовании воды для разных народнохозяйственных целей (табл. 5.4).

Дифференцированная оценка качества воды по показателям разработана на основании экспертных оценок по пятибалльной системе (табл. 5.5). Индексы качества воды позволяют шире использовать ЭВМ при оценке и планировании широкого круга водохозяйственных задач, включая разработку АСУ.

При оценке динамики изменения качества воды в реках и водоемах возникает необходимость их типизации и отдельных их участков. В основу классификации рек могут быть положены гидрографические, гидрологические и гидравлические характеристики с учетом свойств сточных вод в зависимости от

Таблица 5.4. Состояние воды водоемов в зависимости от их качества

Качественное состояние воды	Индекс качества воды			Пригодность воды при использовании					
	$I_{пр}$	$I_{ос}$	I_3	Хозяйственно-питьевая	Купание, спорт	Рыбное хозяйство	Промышленность	Транспорт, портовые устройства	Сельское хозяйство
Очень чистая	5	5	5	Пригодна с обеззараживанием	Вполне пригодна	Вполне пригодна	Пригодна	Вполне пригодна	Вполне пригодна
Чистая	4	4...5	4...5	Пригодна с хлорированием	То же	Пригодна	Вполне пригодна	То же	То же
Умеренно загрязненная	3	2,5...4	3,5...4	Пригодна со стандартной очисткой	Пригодна	То же	То же	»	»
Загрязненная	2	1,5...2	2...3,5	Пригодна только со специальной очисткой в случае технико-экологической целесообразности	Использование сомнительно	Пригодна (за исключением ценных видов рыб)	Пригодна не для всех видов	Пригодна	Пригодна
Грязная	1	1,5	2	Не пригодна	Не пригодна	Не пригодна	Пригодна для специальных целей после очистки	Использование нежелательно	Пригодна с ограничением

Таблица 5.5. Дифференциальная оценка качества воды по показателям

Показатель	Весомость, T	Числовые значения показателей для баллов				
		5	4	3	2	1
Коли-индекс	0,18	0...100	100—1000	$10^3...10^5$	$10^5...10^7$	10
Запах, баллы	0,13	0	1...2	3	4	5
БПК ₅ , мг/л	0,12	1	1...2	2...4	4...10	10
pH	0,1	6,5...8	6,5—8,5	5...9,5	4...10	>4; <10
Растворенный кислород, мг/л	0,09	8	8...6	6...4	4...2	2
Цветность, град	0,09	20	20...30	30...40	40...50	50
Взвешенные вещества, мг/л	0,08	10	10...20	20...50	50...100	100
Общая минерализация, мг/л	0,08	500	500...1000	1000...1500	1500...2000	2000
Хлориды, мг/л	0,07	200	250...350	350...500	500...700	700
Сульфаты, мг/л	0,06	250	250...500	500...700	700...1000	1000

вида загрязнения и режима потока. Реки (или, вернее, их участки) разделяются на категории в зависимости от их гидродинамических характеристик. Основным показателем интенсивности диффузионных процессов в водоеме принят коэффициент Шези.

Необходимо иметь критерии пригодности вод для нужд различных водопользователей. Однако единой критериальной основы, пользуясь которой можно было бы учесть как нужды водопользователей, так и условия устойчивого функционирования водных объектов, в настоящее время нет. Разрабатываются критерии водоохраны, которые представляют собой совокупность согласованных параметров. С помощью таких критериев можно оценивать принимаемые решения в экологическом, экономическом и социальном аспектах, реализуемых с минимальными затратами общественного труда.

Генеральная концепция водоохраны определяет следующие основные направления водоохранной деятельности:

- регулирование процессов внутри водоемных и в пределах других экологических систем, обменивающихся с водными объектами веществом и энергией;

- цель этой работы — сохранение и преобразование вод для обеспечения неограниченного временем и благоприятного для жизни общества качества окружающей среды;

- обеспечение благоприятного состояния вод как объекта общественного производства, удовлетворяющего запросы народного хозяйства и способствующего социально-экономическому развитию страны;

- регламентация воздействия общества на водные объекты, преследующая соблюдение общегосударственных интересов в соответствии с социально-политическими целями страны, ее идеологией. Критерии охраны вод приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6. Критерии охраны вод

Класс	Подкласс	Критерий
Экологический	Благополучие водного объекта как экосистемы	Пролонгуемость экосистемы водного объекта. Толерантность экосистемы водного объекта. Пригодность воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Рыбохозяйственное благополучие водного объекта
	Качество вод как природного ресурса	Рекреационное благополучие водного объекта. Пригодность вод для промышленности, нужд транспорта, сельского хозяйства (орошение, животноводство)

Класс	Подкласс	Критерий
Экономический	—	Экономическая эффективность водоохраны
Социальный	Внутригосударственные и межгосударственные водные отношения	Оптимизация водопользования
		Отстаивание интересов страны
		Соблюдение международного права

В основу построения критериальной системы положены принципы последовательной расшифровки понятий «класс, подкласс, критерий, признак, показатель» и объединения их в интегральные оценки, допускающие количественное выражение.

Критерий системы водоохраны представляет собой интегральные (в общем случае многокомпонентные) критерии-индексы, позволяющие давать достаточно полную характеристику водного объекта. Это позволит учитывать их важнейшие экологические характеристики и особенности и на их основе управлять состоянием водных объектов.

Можно наметить следующие **направления классификации водных объектов, соответствующие описанной структуре системы критериев водоохраны:**

- по степени экологического благополучия водного объекта, определяемой в соответствии с признаками, формирующими критерии пролонгуемости и толерантности;

- по критериям удовлетворения запросов водопользователей;

- по важности водного объекта, устанавливаемой в соответствии с максимальным уровнем административно-географической иерархии (населенный пункт — район — область — республика — группа стран), на котором данный водный объект все еще имеет важное значение как источник гидроэнергии и водных запасов для населения, промышленных и сельскохозяйственных объектов, транспортный путь, объект рекреации и т. д.;

- по признаку естественного состояния водных объектов: в этом случае учитывают морфологические, морфометрические, гидрологические, гидрохимические и другие показатели водных объектов в их естественном состоянии.

При планировании водоохранной деятельности может возникнуть необходимость перевести водный объект в состояние, соответствующее иному классу.

5.4. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВОДЫ

Качество вод оценивают по их физико-химическим и микробиологическим показателям, а природные воды еще и по гидробиологическим признакам. Состав показателей, которые подлежат определению, назначают с учетом местных условий и поставленной задачи. Качество воды в водных объектах представляют общесанитарные, органолептические, токсические и биологические показатели.

Рассмотрим методы анализа основных общесанитарных и органолептических показателей качества воды, необходимые для инженерного пользования.

Светопропускная способность (прозрачность) воды зависит от ее цвета и мутности. Мерой светопропускания служит высота водяного столба, сквозь который можно еще наблюдать белую полоску определенных размеров или прочесть шрифт определенного типа. Результаты указывают в сантиметрах, отмечая при этом способ измерения.

Цветность воды (кажущаяся) определяют в нефilterованной пробе воды сравнением анализируемой пробы со стандартной окраской, создаваемой в растворе хлорплатината калия и хлористым кобальтом или раствором двуххромовокислого калия и сернокислого кобальта.

Общее содержание примесей — сумма всех растворенных и взвешенных в воде веществ, которые находят выпариванием пробы воды, высушиванием осадка при 105 °С до постоянной массы и последующим взвешиванием.

Растворенные вещества — вещества, определяемые выпариванием профильтрованной пробы, высушиванием осадка при 105 °С до постоянной массы и взвешиванием.

Взвешенные вещества — вещества, остающиеся на фильтре при фильтровании. Их определяют либо непосредственно после фильтрования пробы высушиванием при 105 °С осадка до постоянной массы и взвешиванием, либо косвенно по разности между общим содержанием примесей и количеством растворенных веществ.

Растворенный в воде кислород находят йодометрическим методом, основанным на реакции растворенного кислорода с гидроксидом марганца. Быстрым и достаточно точным является электрометрический метод с применением автоматически действующего прибора (зонд), работающего на диффузионно-элек-

трохимическом принципе (имеет мембрану, электроды и раствор электролита). Результат определения растворенного кислорода выражают в миллиграммах O_2 в 1 л воды.

Перманганатную окисляемость определяют методом Кубеля, который основан на окислении веществ, присутствующих в пробе воды, раствором перманганата калия в сернокислой среде при кипячении. Метод применим только для проб с окисляемостью ниже 100 мг O_2 /л.

Бихроматную окисляемость определяют методом, основанным на окислении бихроматом органических веществ (в минеральных восстановленных соединениях) при кипячении в присутствии серной кислоты, составляющей 50% от общей смеси. Окисляемость рассчитывают в миллиграммах O_2 эквивалентного расходу окислителя на 1 л пробы.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) определяют стандартным методом разбавления в первоначальной или соответственно разбавленной пробе по разности между содержанием кислорода до и после инкубации при стандартных условиях (продолжительность инкубации 5,7 или 20 сут при 20 °С без доступа воздуха и света).

Аммиак (мг/л) определяют методом непосредственного колориметрического измерения в питьевых и поверхностных водах с раствором Несслера либо методом отгонки с колориметрическим или объемным окончанием (определение в поверхностных и сточных водах).

Нитриты (мг/л) в питьевых, поверхностных и сточных водах определяют колориметрическим методом с сульфаниловой кислотой и *n*-нафтиламином.

Нитраты (мг/л) определяют колориметрическим методом, основанным на образовании желтого соединения в результате реакции нитратов с фенолдисульфоновой кислотой. Применяют также колориметрический метод с салицилатом натрия и метод восстановления нитратов до нитритов металлическим кадмием.

Сульфаты (мг/л) определяют нефелометрическим методом в кислой среде в присутствии стабилизатора — глицерина или этилового спирта.

Фосфаты (мг/л) (неорганические растворимые ортофосфаты) определяют колориметрическим методом с использованием молибдата и соли сурьмы, а образующееся комплексное соединение восстанавливают аскорбиновой кислотой.

Тем же методом определяют *гидролизующие полифосфаты и общий фосфор* после превращения этих соединений в растворимые неорганические ортофосфаты.

Хлориды (мг/л) определяют меркуриметрическим методом, основанным на титровании ионов хлора раствором окисной азотнокислой ртути со смешанным индикатором дифенилкарбазон-бромфеноловый синий.

Нефтепродукты (мг/л) определяют методом извлечения нефтепродуктов из воды при помощи экстрагента с отгонкой растворения и последующим взвешиванием выделенных нефтепродуктов.

Железо (общее содержание) определяют колориметрическим методом с использованием роданида калия и ортофенантролина.

Общее количество *сапрофитных бактерий* определяют при температуре выращивания 37 °С (ГОСТ 18963—73), характерной прямой потреблением бактериями органических веществ.

Бактерии группы кишечных палочек являются индикаторными показателями фекального загрязнения. Характеризуются колититром или коли-индексом. Первый из них показывает наименьший объем в миллилитрах, в котором обнаруживается одна колония бактерий. Коли-индекс дает обратные значения колититра.

Энтерококки наряду с коли-бактериями дают косвенную характеристику вероятности отсутствия или наличия в воде патогенных микробов, прямое определение которых представляет значительные трудности.

Гидробиологические показатели характеризуют сапробность водоема, указывающую на степень загрязнения органическими, гнилостными веществами, а также наличие токсических веществ, влияющих на водные организмы. Обычно даются методики определения состояния, а также тестов токсичности и приводится список сапробных индикаторных организмов, характеризующих степень загрязнения водоемов.

Место отбора проб поверхностных водоемов определяется в зависимости от характера водоема: на больших реках пробы отбирают в трех местах — у обоих берегов и в середине, на мелких водоемах — только в середине главного потока, на озерах, прудах, водохранилищах — у берегов со стороны возможного загрязнения.

Отбор, транспортировку и хранение проб воды необходимо производить в соответствии с требованиями стандарта. Анализ проб воды, отобранной с контрольных пунктов, должен включать в себя определение запаха, цвета, вкуса, плотности, общей жесткости и содержания основных компонентов солевого состава (ионов Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), общего железа, нефтепродуктов, сухого остатка, ПАВ. Объем отобранной для анализа воды должен составлять не менее 1,0 л.

«Сокращенный» анализ воды, отбираемой на эпизодических пунктах, включает в себя определение содержания нефтепродуктов, хлор-иона, общей жесткости, плотности и органолептических свойств воды (запах, цвет, вкус). Объем воды для данного вида анализа должен быть не менее 0,5 л.

Санитарно-химический анализ воды, выполняемый по требованию контролирующих органов, включает определение плотности при 20 °С, запаха, вкуса и цвета, прозрачности, pH, сухого остатка, общей и карбонатной жесткости, биохимического потребления кислорода, окисляемости, содержания нефти и нефтепродуктов, общего железа и тяжелых металлов, фенолов, ПАВ, ионов Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , CO_3^{2-} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- . Объем пробы для проведения полного анализа — 2 л.

Результаты анализа содержат следующие данные: температуру воды, °С; запах — качественная характеристика, балл; прозрачность; цветность в градусах; муть и осадок описательно с указанием их характера; взвешенные вещества, мг/л (при прозрачности менее 10 см); активную реакцию pH; щелочность, мг · экв/л; жесткость общую, мг · экв/л; жесткость карбонатную, мг · экв/л; сухой остаток мг · экв/л: кальций (Ca^{2+}), магний (Mg^{2+}); железо общее (Fe^{2+}); железо окисное (Fe_2O_3); хлориды (Cl^-); аммонийные соли (NH_4^+); сульфаты (SO_4^{2-}); нитриты (NO_2^-); нитраты (NO_3^-); окисляемость, мг O_2 /л; сероводород (H_2S) (при явном ощущении запаха), мг/л; общее количество бактерий в 1 мл; количество кишечных палочек в 1 л воды.

При наличии в воде солей тяжелых металлов, радиоактивных элементов или других, влияющих на качество воды вредных веществ производят дополнительный анализ на содержание этих веществ.

Заключение о пригодности источника водоснабжения составляется органами Государственного санитарного надзора на основе следующих представленных материалов: результатов обследования

ния источников водоснабжения и описания санитарного состояния источника с указанием возможных причин его загрязнения, а также мероприятий, необходимых для его защиты; органолептических, химических и бактериологических анализов воды по указанной ниже схеме; технико-экономических соображений о способах и условиях использования источника (очистка, обеззараживание, способ забора и подачи воды и т. п.).

Заключение санитарных органов по данному источнику водоснабжения сохраняет свою силу в течение одного года. Возможность использования его после одного года должна быть подтверждена санитарными органами с указанием на отсутствие изменения санитарных условий источника за истекшее время.

5.5. ИЗМЕРЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ

Нормальное функционирование водохозяйственного комплекса невозможно без контроля качественных параметров природных вод, подаваемых потребителям или выпускаемых в водоем сточных вод. Наиболее успешно такой контроль может осуществляться автоматическими приборами либо в виде сигнализации предельных значений величин параметров, либо путем регистрации этих величин непрерывно или периодически.

Государственный учет использования вод, кроме количественных показателей, включает показатели качественного состава вод. Информация об уровне загрязнений вод собирается путем отбора проб воды с последующим их анализом в стационарных или передвижных лабораториях. Такой метод очень трудоемок и не дает оперативной информации о загрязнениях. Поэтому в последнее время ведутся разработки приборов, при использовании которых можно определить наличие загрязняющих веществ непосредственно в момент измерений.

Для систем водоснабжения наиболее важное значение имеет автоматический контроль мутности, цветности воды, ее солевого содержания, величины рН, количества остаточного хлора в воде.

На сооружениях очистки сточных вод с помощью приборов измеряют величину рН, температуру воды, мутность и цветность воды, содержание растворенного кислорода в воде, влажность осадков, биохимическую (БПК) и химическую (ХПК) потребность в кислороде. Особенно велико значение применения авто-

матических анализаторов качества воды для оценки санитарно-гигиенического состояния природных вод.

При очистке сточных и природных вод используют различные химические реагенты (сернокислый алюминий, хлорное железо, синтетические флокулянты, известь, фосфаты, активный уголь, биогенные добавки, соединения фтора, газообразный хлор и аммиак). Весьма важно точно дозировать вводимые реагенты и контролировать их воздействие с помощью автоматических устройств и приборов на качество воды.

Большое число качественных параметров вод определяется только лабораторным химическим анализом. К таким параметрам относятся содержание в сточных водах соединений азота, фосфора и калия, наличие соединений железа, кальция и запахов в природной воде. Лабораторные анализы длительны по времени, трудоемки, недостаточно точны и характеризуются субъективными ошибками. Результаты этих анализов ввиду большого запаздывания не могут быть использованы для оперативного и особенно автоматического управления процессами.

В настоящее время разработаны приборы для автоматического измерения ряда качественных параметров, которые могут быть использованы для автоматического управления и интенсификации технологических процессов водоснабжения и канализации.

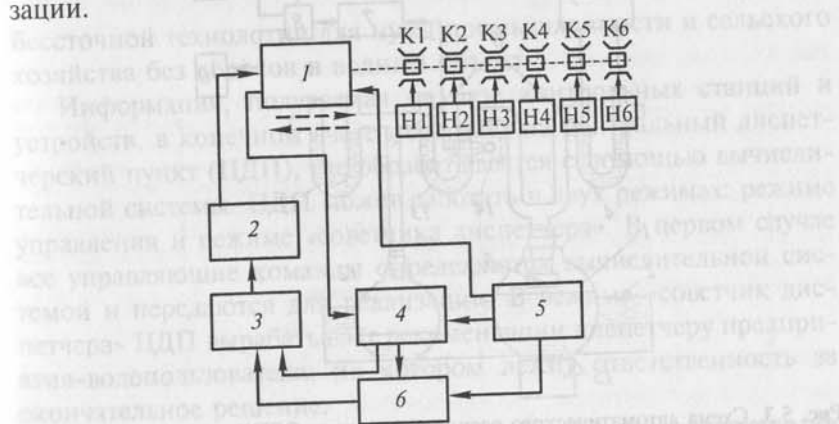


Рис. 5.1. Схема автоматического нефелометра ЛА71-1:

1 — передвижной датчик оптической плотности; 2 — механизм перемещения для передвижного датчика; 3 — синхронизирующее устройство; 4 — электрическая стойка с измерителем оптической плотности; 5 — источник питания; 6 — многоточечный потенциометр; Н1-Н6 — насосы; К1-К6 — измерительные кюветы

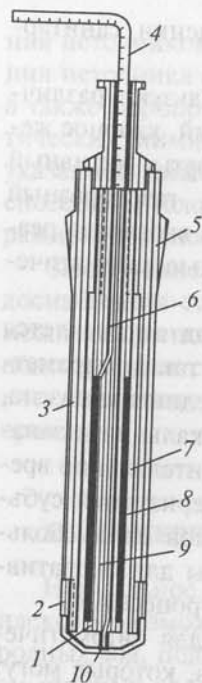


Рис. 5.2. Датчик полярографического анализатора растворенного кислорода:

1 — катод; 2 — гайка; 3 — корпус из оргстекла; 4 — соединительный кабель; 5 — шлиф для установления датчика; 6 — специальный канал; 7 — электролит; 8 — анод; 9 — цилиндрический стержень из оргстекла; 10 — полимерная мембрана

Для контроля качества воды используются приборы общепромышленного назначения. К числу таких приборов относятся плотномеры, солемеры, рН-метры, концентратомеры, фотоколориметры (рис. 5.1—5.6).

Непрерывный объективный контроль за всеми сбросами сточных вод в пределах водоохранных комплексов позволяет создать условия для планомерного и экономически обоснованного снижения сброса вредных веществ каждым водопользователем путем более глубокой очистки сточных вод, использования

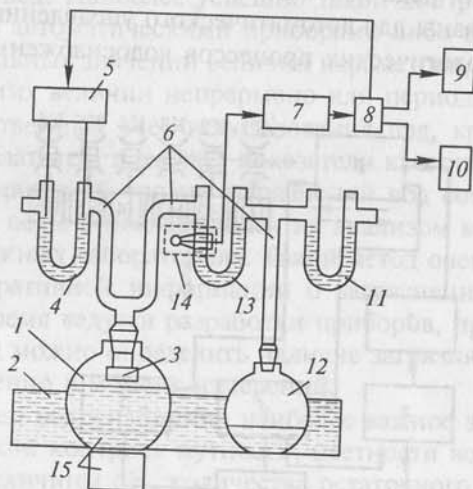


Рис. 5.3. Схема автоматического респирометра типа ОБПК:

1 — сосуд; 2 — свободный объем; 3 — емкость с раствором щелочи; 4 — электролизер; 5 — блок питания; 6 — газовая линия; 7 — электронный усилитель; 8 — блок исполнительный реле; 9 — вторичный регистрирующий прибор; 10 — электрочасы; 11 — демпфирующий манометр; 12 — компенсационная колба; 13 — U-образный регулятор давления; 14 — фотоэлектрический сигнализатор уровня; 15 — подставка под сосуд 1

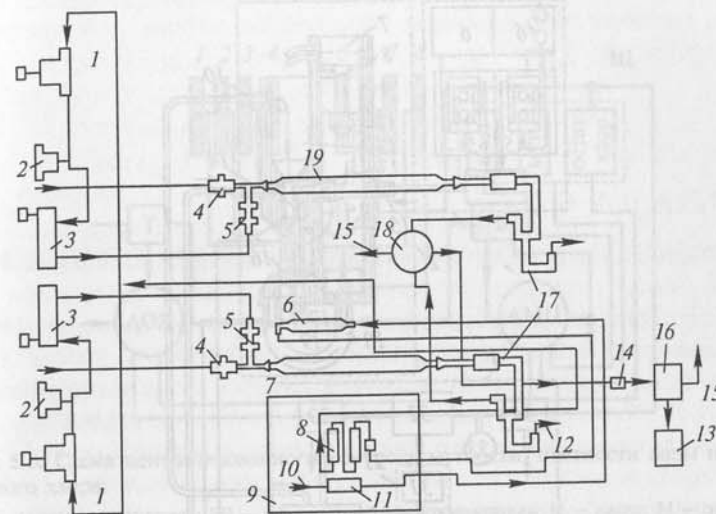


Рис. 5.4. Схема анализатора суммарного органического углерода У-101:

1 — регулятор; 2 — манометр; 3 — расходомер; 4 — игла; 5 — управляющий клапан; 6 — окислительная трубка; 7 — трубка каталитического сгорания; 8 — скруббер; 9 — блок подготовки; 10 — всасывающий патрубок воздушной смеси; 11 — воздушная смесь; 12, 15 — выпуски соответственно газовой фазы и конденсата; 13 — потенциометр; 14 — фильтр; 16 — инфракрасный анализатор; 17 — конденсатор; 18 — регулирующий двухканальный селекторный клапан; 19 — трубка каталитического сгорания

бессточной технологии для нужд промышленности и сельского хозяйства без сбросов в водный объект.

Информация, получаемая на базе контрольных станций и устройств, в конечном счете поступает на центральный диспетчерский пункт (ЦДП), где обрабатывается с помощью вычислительной системы. ЦДП может работать в двух режимах: режиме управления и режиме «советчика диспетчера». В первом случае все управляющие команды определяются вычислительной системой и передаются для реализации. В режиме «советчик диспетчера» ЦДП вырабатывает рекомендации диспетчеру предприятия-водопользователя, на котором лежит ответственность за окончательное решение.

Для регулирования массы веществ, сбрасываемых со сточными водами, в соответствии с текущим значением величины ассимилирующей способности речного потока и эквивалентной ей величиной предельно допустимого сброса (ПДС) могут использоваться: регулирование расхода сточных вод, прошедших соответ-

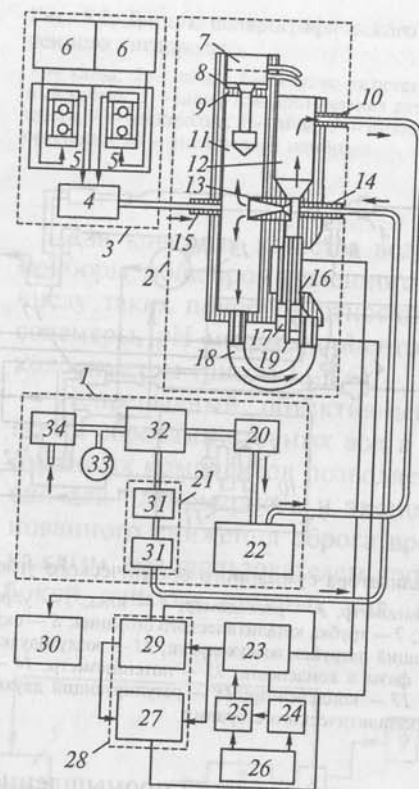


Рис. 5.5. Схема анализатора хлора АПК-01М:

1 — блок пробоподготовки; 2 — электрохимический преобразователь; 3 — блок дозирования реагентов; 4 — смеситель; 5 — микродозаторы; 6 — источник питания для микродозаторов; 7 — камера перелива; 8 — перепускной клапан; 9 — держатель перепускного клапана; 10 — штуцер слива; 11 — камера смешивания; 12 — сливная камера; 13 — горловина эжектора; 14 — эжектор; 15 — штуцер подачи реагентов; 16 — анод; 17 — чувствительный элемент; 18 — обводная трубка; 19 — катод; 20 — регулятор динамической дозировки; 21 — редуктор; 22 — сливной бачок; 23 — нормирующий узел; 24 — узел термодатчика; 25 — блок согласования; 26 — источник питания; 27 — нуль-орган; 28 — балансный преобразователь; 29 — мостовая схема; 30 — регистрирующий прибор; 31 — выходные регуляторы давления; 32 — манометр; 33 — входной регулятор давления.

ствующую очистку, путем изменения режима опорожнения резервуаров-регуляторов; регулирование состава (степени очистки) сточных вод путем изменения режима работы очистных сооружений.

Для регулирования величины ассимилирующей способности речного потока можно применять регулирование расхода речной воды путем изменения режима полусов из вышерасполо-

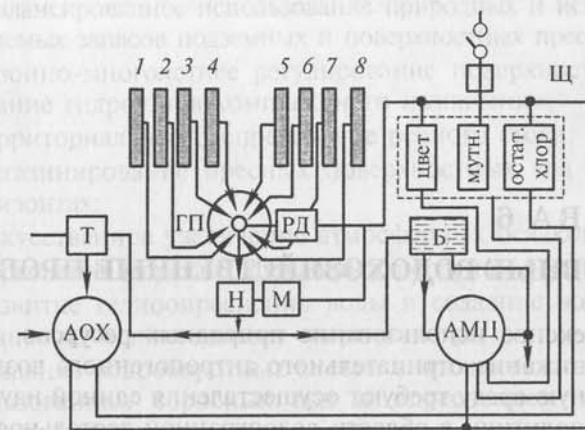


Рис. 5.6. Схема централизованного контроля мутности, цветности воды и остаточного хлора:

ГП — гидропереключатель; РД — реверсивный электродвигатель; Н — насос; М — электродвигатель; АМЦ — анализатор мутности и цветности воды; АОХ — анализатор остаточного хлора; Т — терморегулятор; Б — переливной бачок-воздухоотделитель; Щ — диспетчерский щит со вторичными приборами; 1...8 — водоводы фильтрованной воды.

женных водохранилищ; регулирование кислородного режима водного объекта путем искусственной аэрации; извлечение из речной воды избыточной массы нефтепродуктов, ПАВ, соединений азота и других веществ с помощью плавучих нефтесборщиков и др.

ГЛАВА 6

ОСНОВНЫЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Комплексное использование природных ресурсов, устранение или снижение отрицательного антропогенного воздействия на природную среду требуют осуществления единой научно-технической политики в области водоохранной деятельности.

Создание малоотходных технологических процессов и безотходных производств как важнейшего фактора повышения эффективности использования ресурсов и их охраны — одно из главных направлений повышения технического уровня производства.

В этой связи важнейшими задачами науки являются создание научных основ принципиально новых технологических процессов с широким внедрением малоотходных технологий в целях комплексного использования природного сырья и получения попутных продуктов с утилизацией вторичного сырья, его обогащения безводными методами.

В области использования водных ресурсов весьма актуальная проблема — создание систем замкнутого промышленного водоснабжения с полной утилизацией теплых вод, городских сточных вод и ливневого стока. В этом аспекте наиболее важными научными проблемами комплексного использования водных ресурсов являются:

- использование нормативно-чистых вод теплоэнергетики и промышленности в орошаемом земледелии, тепличном и рыбноводном хозяйствах;

- нормативно-очищенных сточных вод — для заводнения нефтяных и газовых месторождений;

- вод шахтного, рудничного и карьерного водоотлива — для промышленных целей;

- создание систем водоснабжения промышленных предприятий, узлов и районов без сброса сточных вод в водные объекты, в первую очередь рыбохозяйственные;

- повышение эффективности использования воды в орошаемом земледелии;

- сбалансированное использование природных и искусственно восполняемых запасов подземных и поверхностных пресных вод;
- сезонно-многолетнее регулирование поверхностного стока, создание гидроузлов комплексного назначения;
- территориальное распределение речного стока;
- магазинирование пресных поверхностных вод в подземных горизонтах;

- искусственное увеличение атмосферных осадков;
- опреснение морских, дренажных и соленых подземных вод;
- развитие гелиоопреснения воды и создание водоподъемных установок, использующих энергию ветра;

- создание водооборотных систем в орошаемом земледелии с использованием сбросных вод и опреснением коллекторно-дренажных вод;

- внедрение безводных способов очистки животноводческих помещений;

- совершенствование способов полива и поливной техники, устраняющих непроизводительный расход воды, включая аэрозольное увлажнение, капельное, импульсное и внутрипочвенное орошение;

- освоение технологии применения химических удобрений и пестицидов, исключающей загрязнение природных вод поверхностным стоком с сельхозугодий;

- создание тепличных хозяйств с использованием тепловых отходов ТЭС, АЭС, промышленных предприятий, газокompresсорных станций и энергии термальных вод;

- создание службы по ликвидации аварийного загрязнения морей и внутренних водоемов нефтью, нефтепродуктами и другими вредными веществами;

- совершенствование тарифов на пользование водными ресурсами;

- совершенствование территориальных комплексных схем использования и охраны водных ресурсов;

- развитие системы водных кадастров по всем административно-территориальным регионам страны;

- совершенствование системы управления использованием природных водных ресурсов;

- совершенствование плановых показателей по использованию и охране водных ресурсов в целях получения наибольшего сочетания территориального и отраслевого принципов в управлении водопользованием.

6.1. ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ

Прогноз водообеспечения в нашей стране более благоприятен, чем в целом на планете. Однако уже сегодня на территориях аридной и полуаридной зон РФ наблюдается дефицит воды. Комплексно решить проблему водообеспеченности таких регионов можно преобразованием водопользования и водопотребления.

Воду в промышленности многократно используют в следующих трех основных циклах: термическом (охлаждение, теплопередача); транспортном (гидротранспорт сырья, материалов, отходов); экстрагенном (растворение, выщелачивание и др.).

В основу принципов рационального использования водных ресурсов в промышленности положены водосберегающие, прогрессивные технологические процессы, исключающие загрязнение водных объектов вредными выбросами. В этой связи во многих отраслях промышленного производства предстоит пересмотр и замена существующих технологий на новые (безотходную и маловодные).

Широкие возможности и положительные примеры водосберегающих технологий имеются во многих отраслях промышленного и сельскохозяйственного производства. Так, в черной металлургии надежно работают установки, исключающие вредные воздействия на биосферу. В химической промышленности освоен способ получения аммиака, позволяющий сократить расходы чистой воды в десятки раз при одновременном снижении в 15...16 раз трудозатрат и расходы электроэнергии. При производстве аммиака по новой схеме отходы в окружающую среду не поступают. Использование новых методов и нового аппаратного оформления в целлюлозно-бумажной промышленности при окоривании и варке древесины, при отмыве целлюлозы позволило полностью ликвидировать сбросы в окружающую среду и уменьшить расход свежей воды в несколько раз. В производстве синтетического каучука новая технология с рециркуляцией водной реакционной жидкости обеспечивает повышение производительности на 10...12 %, а исключение узла переработки реакционной жидкости позволяет полностью ликвидировать химически загрязненные сточные воды.

Совершенствование технологии производственного процесса с позиции водосбережения должно предполагать коренную реконструкцию по всем его стадиям. Например, если отделение механических примесей, обессоливание и обезвоживание нефти осуществлять непосредственно на промыслах, то появляется

возможность строить нефтеперерабатывающие заводы с системами оборотного и повторного водоснабжения, с закачкой стоков в нефтяные пласты, без сброса нефтесодержащих стоков в водоемы.

Экономия воды в водоемких отраслях промышленности может быть достигнута в результате внедрения воздушного охлаждения. Это позволяет сокращать потребление воды в 3...4 раза и уменьшать сброс сточных вод на 20...30 %.

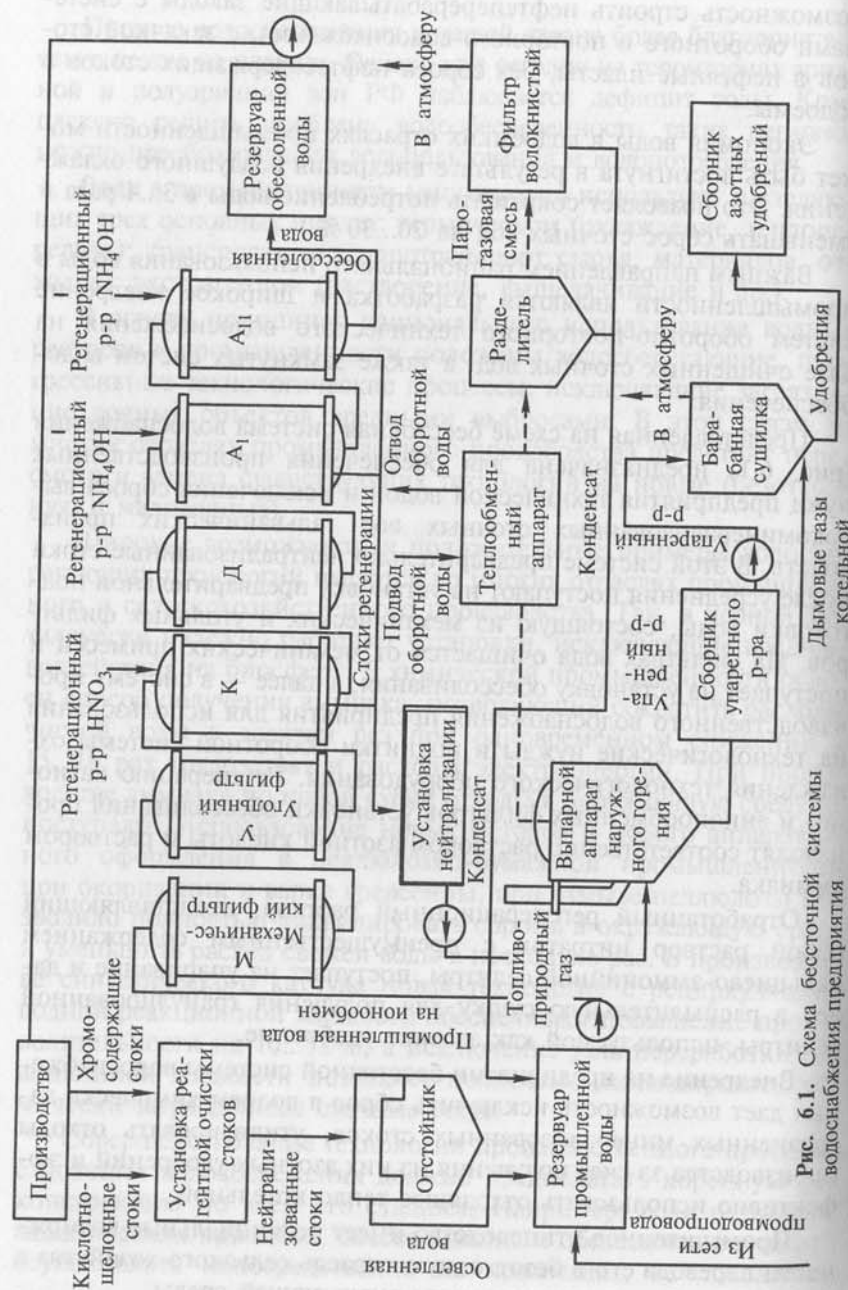
Важным направлением рационального использования воды в промышленности являются разработка и широкое внедрение систем оборотно-повторного технического водоснабжения на базе очищенных сточных вод, а также замкнутых систем водообеспечения.

Представленная на схеме бессточная система водоснабжения (рис. 6.1) предназначена для обеспечения производственных нужд предприятия технической водой и исключения сброса высокоминерализованных сточных вод гальванических производств. В этой системе предварительно нейтрализованные стоки после усреднения поступают на установку предварительной подготовки воды, состоящую из механических и угольных фильтров. На фильтрах вода очищается от механических примесей и поступает на установку обессоливания, а далее — в систему производственного водоснабжения предприятия для использования на технологические нужды и подпитки оборотной системы охлаждения технологического оборудования. Регенерацию катионо- и анионообменных фильтров установки обессоливания производят соответственно раствором азотной кислоты и раствором аммиака.

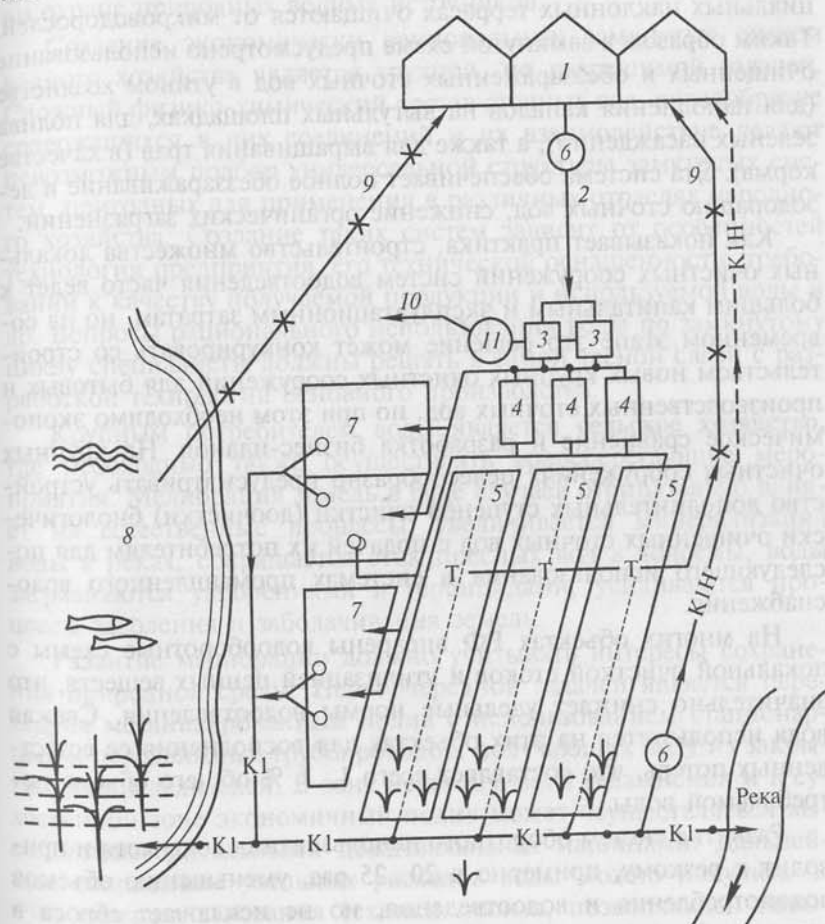
Отработанный регенерационный раствор, представляющий собой раствор нитратов с преимущественным содержанием кальциево-аммонийной селитры, поступает на упаривание и далее в распылительную сушку для получения гранулированной селитры, используемой как азотное удобрение.

Внедрение на предприятии бессточной системы водоснабжения дает возможность исключить сброс в водоем химически загрязненных минерализованных стоков, утилизировать отходы производства за счет получения из них азотных удобрений и эффективно использовать отходящее тепло котельной.

Промышленное птицеводство имеет потенциальные возможности перевода его в безотходную отрасль сельского хозяйства с надежным обеспечением защиты окружающей среды.



По замкнутой бессточной системе водоснабжения (рис. 6.2) производственные и бытовые сточные воды утиного хозяйства после механической очистки на двухъярусных отстойниках направляют в биологические контактные водорослевые пруды, а затем — на специальные наклонные террасы, где подвергаются более высокой степени очистки за счет физико-химического и биологического взаимодействия с окружающей средой. Основ-



ная технологическая функция в водорослевых прудах — выделение в процессе фотосинтеза большого количества кислорода. Выделяемый водорослями кислород используют аэробные микроорганизмы для окисления органических загрязнений сточных вод. Водоросли выделяют в сточную воду и фитонциды, обладающие сильным бактерицидным эффектом. Патогенные микроорганизмы в прудах быстро погибают. Сточные воды на специальных наклонных террасах очищаются от микроводорослей. Таким образом в замкнутой схеме предусмотрено использование очищенных и обеззараженных сточных вод в утином хозяйстве (для наполнения каналов на выгульных площадках, для полива зеленых насаждений), а также для выращивания трав (в качестве корма). Эта система обеспечивает полное обеззараживание и деодорацию сточных вод, снижение органических загрязнений.

Как показывает практика, строительство множества локальных очистных сооружений систем водоотведения часто ведет к большим капитальным и эксплуатационным затратам, но на современном этапе это решение может конкурировать со строительством новых крупных очистных сооружений для бытовых и производственных сточных вод, но при этом необходимо экономическое сравнение и разработка бизнес-планов. На крупных очистных сооружениях целесообразно предусматривать устройство дополнительных ступеней очистки (доочистки) биологически очищенных сточных вод с подачей их потребителям для последующего использования в системах промышленного водоснабжения.

На многих объектах РФ внедрены водооборотные схемы с локальной очисткой стоков и утилизацией ценных веществ, что значительно снижает удельные нормы водоотведения. Свежая вода используется на этих объектах для восполнения ее естественных потерь, что составляет всего 1...3 % общего объема потребляемой воды.

Развитие систем оборотного использования воды хотя и приводит к резкому, примерно в 20...25 раз, уменьшению объемов водопотребления и водоотведения, но не исключает сброса в водные объекты засоленных, так называемых «продувочных» вод. Этим можно объяснить, что в последние годы на некоторых участках рек постоянно возрастает содержание минеральных солей, изменяется биоценоз, уменьшается число видов организмов в воде, развивается специфическая флора.

Разработка и широкое внедрение на промышленных предприятиях замкнутых систем технического водоснабжения позволяет размещать промышленные объекты в районах с ограниченными водными ресурсами, обладающих другими благоприятными экономико-географическими условиями. Такое инженерно-экологическое направление развития водного хозяйства решает проблему водообеспечения с удовлетворением требований по охране природных водных источников.

Создание экономически рациональных замкнутых систем водного хозяйства является трудной, но разрешимой задачей. Сложный физико-химический состав сточных вод, разнообразие содержащихся в них соединений и их взаимодействие делают невозможным подбор универсальной структуры замкнутых систем, пригодных для применения в различных отраслях народного хозяйства. Создание таких систем зависит от особенностей технологии предприятия, его технической оснащенности, требований к качеству получаемой продукции и используемой воды и др. Вопросы рационального использования воды по замкнутому циклу специалисты должны решать в самой тесной связи с разработкой технологии основного производства.

Крупным потребителем воды является **сельское хозяйство**, где необходимо также осуществлять водосберегающие мероприятия. Мелиорация земель в ряде случаев отрицательно влияет на естественные процессы: увеличивается минерализация воды в реках, сокращается сток пресных вод в водоемы, воды загрязняются удобрениями и гербицидами, усиливаются процессы засоления и заболачивания земель.

Развитие мелиорации должно учитывать интересы сохранения природной среды. Первоочередной задачей является переход на механизированный полив с использованием стационарных и передвижных трубопроводов, получающих воду из закрытых распределителей. В зоне неустойчивого увлажнения и в сухостепной зоне экономичный полив может осуществляться высокопроизводительными дождевальными машинами. Дальнейшее сокращение удельных расходов воды можно получить за счет совершенствования техники полива, позволяющей повысить равномерность увлажнения почвенного слоя при меньших затратах воды.

Сокращение расходов природной воды возможно и в результате использования специально подготовленных сточных вод и животноводческих стоков на полях орошения.

Большие резервы в области комплексного использования водных ресурсов имеются в коммунальном хозяйстве, где в последние годы наблюдалось резкое увеличение объемов водопотребления. *Совершенствование водопользования в коммунальном хозяйстве* требует осуществления следующих мероприятий:

- уменьшения доли отпуска воды промышленным предприятиям за счет увеличения использования для этих целей очищенных городских сточных вод, создания оборотных систем водопользования, использования частично очищенных сточных вод;

- оснащения водопроводов жилых и общественных зданий более качественной арматурой и осуществления регулирования давления;

- налаживания действенного учета и контроля за расходованием воды;

- сокращения потерь в подводящей и разводящей сетях, повышения их надежности в системе эксплуатации.

Описанные выше возможные мероприятия по рациональному использованию водных ресурсов в различных отраслях народного хозяйства свидетельствуют о больших потенциальных возможностях снижения водоемкости производства и уменьшения водопотребления и водоотведения.

Составной частью комплексного использования водных ресурсов является охрана природных вод от загрязнения. Рассмотренные меры по интенсификации водопользования в отраслях народного хозяйства обеспечивают наряду с сокращением водопотребления и предотвращением загрязнения водоемов.

В промышленности и коммунальном хозяйстве охрана природных вод от загрязнения с помощью очистных сооружений сохраняет свою действенность на ближайшую перспективу. Однако типы и конструкции сооружений должны измениться, так как существующие традиционные методы очистки сточных вод (отстаивание, удаление органических соединений с помощью микроорганизмов в искусственно созданных условиях), особенно промышленных, еще дороги и энергоемки. Стоимость сооружений по очистке сточных вод в ряде отраслей промышленности составляет 6...15 % стоимости основных фондов промышленного предприятия.

Экономически целесообразные технологические процессы обезвреживания сточных вод обеспечивают в лучшем случае удаление 90...95 % органических веществ, 20...40 % неорганических веществ и практически не снижают содержание воды. Это приводит к тому, что в местах их сброса, вплоть до расчет-

ных створов водопользования, на водотоках образуются неблагоприятные в экологическом отношении зоны. Остаточные загрязнения, отводимые с очищенными сточными водами, требуют большого количества свежей воды для их разбавления, чтобы сделать их безопасными для людей, животных, а также объектов окружающей среды. Опасность представляет сброс в водоемы с промышленными сточными водами остаточных количеств токсичных, в том числе и канцерогенных, веществ. Нужно учитывать, что в природных условиях малотоксичные и даже нетоксичные соединения могут превращаться в токсичные.

В связи с этим следует усилить внимание к разработке и опытно-промышленным испытаниям более эффективных способов и устройств очистки и доочистки стоков. Для удаления нерастворимых примесей из многих видов сточных вод с успехом могут быть применены гидроциклоны и центрифуги, производительность которых значительно превышает эффект работы отстойников. К числу прогрессивных способов механической очистки сточных вод следует отнести также их процеживание через различные фильтрующие среды — сетчатые фильтры, микросетки, ткани, зернистые материалы. Экспериментальные исследования и практика применения фильтрования свидетельствуют о высокой эффективности этого способа разделения суспензий. Эффект механической очистки сточных вод может быть намного повышен путем предварительной их обработки ультразвуком и другими физико-химическими методами.

Эффективным направлением является разработка новых типов и конструкций биологических окислителей и их комплексов, в частности биокоагуляторов, аэротенков, аэротенков-смесителей, аэротенков-отстойников, биологических прудов и др. Перспективны многоступенчатая очистка сточных вод на биоокислителях, использование специфических культур микроорганизмов, применение стимуляторов биохимических процессов, повышение дозы активного ила, а также температуры среды, анаэробная обработка сильноконцентрированных сточных вод и т. д.

В области **физико-химических способов очистки** стоков преимущественное применение должны найти безреагентные методы, включая каталитическое окисление и окисление под давлением, а также более совершенные радио- и электрохимические методы. Их развитие не должно исключать применение реагентных методов.

Для некоторых видов загрязнителей сохраняют свою перспективность способы очистки с применением коагулянтов, сорбентов, реагентов и пр. В ряде случаев перспективно применение в качестве окислителей озона и технического кислорода.

Электрохимическая и электроионитная очистка некоторых видов сточных вод — новое направление в области физико-химических методов очистки стоков, которое в определенных случаях обеспечит высокий санитарный эффект. Широкое распространение получают такие методы физико-химической очистки стоков, как ионный обмен, выпаривание, радиохимическое окисление, кристаллизация, эвапорация и др.

Для стабильной высокоэффективной работы очистных комплексов нужно решать вопросы, связанные с автоматизацией технологических процессов. В системе автоматического регулирования процессами очистки крупных станций должны найти широкое применение компьютерные установки. Они позволят получать ценные систематизированные сведения и использовать их для постоянного контроля и управления технологическими процессами очистки сточных вод.

В связи с формированием новых селитебных территорий и расширением площадей города и рабочих поселков все актуальнее становится проблема предотвращения загрязнения водных объектов поверхностным стоком с территории населенных мест (дождевыми, талыми, поливочными водами). Рассмотрим эту проблему более подробно, учитывая сложность ее решения.

Несмотря на возросший уровень благоустройства современных городов, в результате концентрации населения, развития местной промышленности и автотранспорта содержание примесей в поверхностном стоке остается еще значительным. Если сброс даже очищенных бытовых и промышленных сточных вод осуществляется, как правило, ниже населенных пунктов, то сброс поверхностных стоков производится в черте города. Отведение неочищенного поверхностного стока приводит к заилению водных объектов, загрязнению их нефтепродуктами, другими примесями, что ухудшает санитарный режим водоема за счет распада органической части донных отложений.

При разработке водоохраных мероприятий по предотвращению загрязнения водных объектов поверхностным стоком прежде всего должны определяться территории, сток с которых необходимо подвергать очистке. На очистные сооружения должен отводиться сток с участков, отличающихся значительными загрязняющими примесями (площадки промышленных пред-

приятий, районы с интенсивным движением транспорта и пешеходов, наличием многоэтажной застройки, крупных транспортных магистралей, торговых центров).

Поверхностный сток с богарных и орошаемых сельскохозяйственных угодий содержит биогенные элементы, которые, попадая в водоемы, нарушают природное равновесие экологических систем. Так, повышение содержания азота и фосфора стимулирует рост водной растительности, что ведет к зарастанию и засорению каналов, рек, водохранилищ, особенно слабопроточных. Небольшое количество фосфора, внесенного с поверхностным стоком, создает неблагоприятные условия для микрофлоры водоема, отмирание которой способствует нарушению кислородного режима. В конечном итоге это приводит к эвтрофикации водоемов. Основная часть биогенных элементов попадает в водоемы в растворенном виде с поверхностными и дренажными стоками, а также в нерастворенном состоянии вместе с частицами почвы в результате ее эрозии.

Загрязнение водоемов посредством поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий зависит от многих факторов, но основные из них следующие: форма, количество и время внесения удобрений; растворимость минеральных элементов; объем поверхностного стока и величина осадков; интенсивность эрозионных процессов. Большое значение имеет разработка систем научно обоснованных мероприятий, обеспечивающих защиту конкретных водных объектов от загрязнения удобрениями.

Особое внимание должно уделяться **предупредительным мероприятиям, уменьшающим возможность выноса химических препаратов в водные источники, и в первую очередь организационно-техническим мероприятиям:**

- строго соблюдать нормы внесения удобрений;
- применять удобрения в виде гранул (мочевина, суперфосфат, нитрофосфат и т. д.), а также вносить их по площади питания растений, что обеспечивает их оптимальную дозировку и уменьшает вымывание;
- осуществлять жесткий контроль за выполнением установленных требований при подкормке растений с самолетов (учет скорости ветра, дозировки, высоты полета и др.);
- складировать удобрения на временных полевых площадках с соблюдением технических правил (площадки должны быть горизонтальными во избежание смыва удобрений при сильных дождях);
- не оставлять на полях неиспользованные удобрения;

— уменьшать применение растворяемых в воде удобрений в зонах с большим количеством осадков;

— создавать около водных объектов лесные полосы, что предотвращает смыв удобрений с полей.

Осуществляемое в нашей стране в широких масштабах регулирование стока влияет на качество воды в создаваемых водохранилищах. В средних широтах и северных районах страны качество воды в них по сравнению с проточной водой до зарегулирования, как правило, значительно улучшается. Благодаря осаждению взвешенных веществ в предплотинных участках водохранилищ наблюдаются высокая прозрачность воды и незначительное содержание взвесей. Все это положительно сказывается на условиях водообеспечения народного хозяйства этих районов. Однако в больших застойных водоемах наблюдается перестройка биологического режима зарегулированных рек, ведущая к образованию специфических биоценозов. Одна из биологических особенностей таких водоемов — интенсивное развитие в них в теплое время года синезеленых водорослей.

Для обеспечения высокого качества воды в водохранилищах важную роль играет правильная подготовка их ложа перед затоплением (очистка ложа от леса, загрязнений мусором и т. д.). При проектировании новых водохранилищ их конструкция должна обеспечивать максимальную проточность воды (не менее 0,1...0,2 м/с) и отсутствие мелководий. Необходимы эффективные методы механического изъятия синезеленых водорослей из водоемов.

Экономический анализ реализации водоохранной деятельности. На основе экономико-математических моделей специалистами проведен ряд экспериментальных расчетов по анализу влияния водоохранной деятельности на темпы экономического роста и отраслевую структуру народного хозяйства. Согласно проведенным расчетам, предельное значение роста затрат на водоохранную деятельность достаточно высоко и обеспечивает значительный резерв снижения водоемкости общественного производства, намного превышающий практически возможный уровень снижения. Тем не менее есть все основания утверждать, что, осуществляя водоохранную деятельность в достаточно больших масштабах, можно достичь хороших результатов по снижению водоемкости общественного производства при сохранении высоких темпов экономического роста. Так, интенсификация водопользования вызывает дополнительный рост объемов производства ряда обрабатывающих отраслей, а также строительства и

энергетики. Наибольший рост происходит в химической, целлюлозно-бумажной промышленности и в машиностроении. Это предопределяется тем, что реализация водоохранных мероприятий наряду с ростом капитальных вложений (дополнительный рост объемов строительства и машиностроения) требует значительных текущих затрат.

Один из основных источников пресной воды, реки. Их полноводность определяют притоки, т. е. малые реки, которые имеют важное значение в жизни природы. Они воздействуют на микроклимат, влажность воздуха и почвы, определяют продуктивность пастбищ и сельскохозяйственных угодий, обеспечивают питание крупных рек. Вмешательство человека в природу нарушает сложившиеся веками процессы жизни этих рек. Вырубка лесов, осушение болот, уничтожение лугов, устройство запруд и спрямление русл позволяют внешним водам беспрепятственно попадать в реки и уходить в море. Бурные весенние потоки размывают склоны и берега, заливают русла и закрывают родники. Эрозии почвы способствуют вырубка прибрежных кустарников и распахивание земель до уреза воды. Подобная деятельность человека губит большое число рек, которые частично или полностью пересыхают, теряя свое хозяйственное и социальное значение.

В ряде случаев после осушения болот выявившийся ущерб оказался значительно больше ожидаемого положительного эффекта, в результате чего болота пришлось вновь восстанавливать, затрачивая на это дополнительные средства.

Дефицит водных ресурсов наблюдается, как правило, в период летней и зимней межени, поэтому хозяйственная деятельность специалистов должна быть направлена на обеспечение равномерного поступления воды в реки в течение всего года. Регулировать сток с помощью водохранилищ на малых реках не всегда рационально из-за высокой стоимости плотин и потери земельных фондов под водохранилищами. Здесь более целесообразно использовать естественные природные процессы, способствующие сокращению поверхностного стока и переводу его в подземный, что повышает эрозионную устойчивость склонов и существенно уменьшает попадание в водоемы загрязняющих веществ.

Реки, интенсивно разбираемые на орошение, промышленные нужды, за последнее время уменьшили свою водность, соответственно возросла минерализация воды. В связи с этим одним из важнейших элементов комплексного использования водных ресурсов является нормирование величины изъятия речного стока. По вопросам охраны водных ресурсов от загрязнения раз-

работан ряд нормативных показателей, характеризующих «качественное истощение» — предельно допустимые концентрации (ПДК). Но количественные нормативы истощения речного стока практически отсутствуют. В связи с бурным водохозяйственным строительством встает вопрос: сколько воды можно изъять или зарегулировать, чтобы не нарушить экологию водотока?

Обычно уменьшение уровней и расхода воды при изъятии речного стока сопровождается падением рыбопродуктивности; деградацией и уничтожением пойменных лугов; гибелью охотничье-промысловой фауны; уничтожением прируслового леса. В связи с этим возникла необходимость разработки *норм предельно допустимого изъятия* (ПДИ) речных водных ресурсов и *норм резервного стока в створах*, расположенных ниже гидроузлов или водозаборов.

По условиям охраны водотока от истощения ПДИ представляет собой допустимую разность между величиной естественного стока (расчетной обеспеченности) и величиной резервируемого (оставляемого) стока ниже гидроузла или водозабора, необходимого для:

- затопления поймы весной соответствующим слоем воды на определенное время для обеспечения миграции и нереста рыб, инкубации икры и нагула мальков;
- влагозарядки почв для воспроизводства луговых трав;
- регулирования интенсивности подъема и особенно спада уровней весенне-осеннего половодья для создания условий своевременного захода и ухода рыбы с поймы;
- создания благоприятного температурного режима воды и воздуха с целью обеспечения нереста рыб и воспроизводства кормов для всех видов гидробионтов;
- поддержания оптимального газового режима (особенно кислородного) в зимний период, обеспечивающего условия для жизни гидробионтов;
- обеспечения уровня и скоростного режимов на нерестовых участках в период ледостава, сохраняющего благоприятные условия для нереста рыб.

Реки нашей страны существенно различаются по их биологической и рекреационной значимости. Поэтому выбор технического решения при проектировании изъятия стока должен осуществляться с учетом этих особенностей. Прежде всего следует учитывать это требование при разработке схем комплексного использования и охраны вод, выборе схем водообеспечения районов и промузлов и территориального перераспределения водных ресурсов.

Резервируемый сток следует устанавливать дифференцированно в зависимости от гидролого-экологической классификации водных источников, которая охватывает четыре группы рек.

Группа 1. Реки с развитой поймой (при коэффициенте развитости $k_p \geq 5$ и средней продолжительности затопления поймы в весенне-летний период свыше 20 сут). Для рек, расположенных ниже гидроузлов и водозаборов, допустимые расходы воды необходимо поддерживать не менее 20 сут в период половодья со средним слоем воды на пойме не менее 0,5 м с повторяемостью, близкой к естественной. При таком стоке к моменту заливания поймы обеспечиваются необходимые условия для нереста рыб.

Очень важным гидролого-экологическим показателем является интенсивность спада уровней и сход воды с поймы, обеспечивающий уход рыбы из впадин и углублений рельефа поймы в крупные протоки и основное русло реки. Предельная интенсивность спада уровней не должна превышать 30...40 см в сутки.

В летний период необходимо составлять в реках расходы воды, близкие к расходам 180-дневной продолжительности (для многоводного года — 25 %, среднего — 50 %, маловодного — 75 % обеспеченности). В зимний период необходимо поддерживать определенные условия газового режима (особенно кислородного, не ниже 4 мг/л), чтобы исключить заморные явления рыбы и нарушение жизнедеятельности всех других гидробионтов. Зимние суточные расходы воды должны быть предельно близки к средним расходам 355-дневной продолжительности.

Группа 2. Реки с неполноразвитой поймой (при коэффициенте развитости поймы $2 \leq k_p < 5$ и средней продолжительностью затопления поймы менее 20 сут). Для этих рек резервируемый сток следует оценивать в виде гидрографа, обеспечивающего в весенний период затопление поймы на срок, близкий к естественному среднему по водности году с учетом интенсивности спада воды половодья. В меженный период расходы воды для рек второй группы должны резервироваться в зависимости от водности года. Так, в многоводные и средние по водности годы в межень (зимнюю и летнюю) необходимо оставлять в реке сток, соответствующий средним расходам воды 355-дневной продолжительности. В маловодные годы в реке должны оставаться расходы воды не менее $Q_{355}d$, где Q_{355} — средний расход воды 355-дневной продолжительности; d — коэффициент внутригодовой неравномерности, вычисленный как разность $1 - \varphi$ (φ — коэффициент естественной зарегулированности).

Группа 3. Реки с неразвитой поймой (при коэффициенте развитости менее 2). Для этих рек резервируемый сток определяется в зависимости от водности года. В многоводные годы принимают гидрограф, обеспечивающий в период половодья промывку долины реки и русла. В остальные сезоны года оставляется расход, равный Q_{355d} .

Группа 4. Реки полупустынной и пустынной зон страны, оконтуриваемые на карте изолинией среднего годового стока менее $0,5 \text{ л/(с} \cdot \text{км}^2)$. Сток этих рек может полностью разбираться на нужды населения, сельского хозяйства, промышленности и рекреации, исключая протекающие через эту зону крупные транзитные реки (Волга, Урал, Дон и др.), связанные с экологией морских акваторий. Если в результате полного изъятия стока во все сезоны года исчезают уникальные виды растительности и животных, то необходимо организовать на ряде водотоков ландшафтно-гидрологические заповедники, обеспечивающие сохранение генофонда этих видов. Для рек этой группы в целях рекреации необходимо создавать научно обоснованную сеть прудов и водохранилищ около населенных пунктов.

Введение в расчет коэффициента внутригодовой неравномерности позволяет изымать для нужд народного хозяйства значительно больше воды из рек, имеющих большую естественную зарегулированность, при прочих равных показателях продуктивности.

В основу нормативов предельно допустимого количественного изъятия водных ресурсов должен быть положен принцип создания на длительный срок необходимых экологических условий без существенного нарушения высокопродуктивных речных экосистем (за счет меньшей доли изъятия стока) и большего нарушения — за счет большей доли изъятия для менее продуктивных, к которым относятся водотоки 2-й и 3-й групп, и даже полного преобразования речных экосистем для рек 4-й группы.

6.2. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Вода становится одним из ведущих ресурсов, влияющих на размещение производительных сил, а водобеспечение — все более значимым фактором в решении социально-экономических проблем, в том числе в формировании стоимости промышленной и сельскохозяйственной продукции. Несмотря на кажущееся благополучие, уже сейчас **водохозяйственный баланс** (со-

отношение потребностей в воде с ее наличием в источнике) по многим речным бассейнам сводится с напряжением, что обусловлено следующими основными причинами: размещение водоемких потребителей не соответствует распределению водных ресурсов — на обжитые и хозяйственно освоенные территории южного района (бассейны Черного, Азовского, Каспийского), где сосредоточено производство 80 % промышленной и 90 % сельскохозяйственной продукции, приходится всего 11 % речного стока; основные речные системы густонаселенных районов страны замыкаются внутренними морями, для поддержания приемлемого гидрологического и гидробиологического режимов которых требуется пресная речная вода; размах межгодовых колебаний стока увеличивается по мере продвижения в аридную зону, где сосредоточена основная масса потребителей воды. Внутригодовое распределение стока обычно не соответствует внутригодовому распределению потребностей в воде, а возможности дальнейшего регулирования стока ограничены. Это объясняется отсутствием благоприятных топографических условий для создания емких водохранилищ или неприемлемым затоплением сельскохозяйственных угодий, важных народнохозяйственных или культурно-исторических объектов, месторождений полезных ископаемых; на реках необходимо сохранять некоторую гарантированную водность путем специальных попусков для обеспечения условий нереста рыб, обводнения пойменных угодий, поддержания санитарных условий, функционирования гидроэлектростанций, создания судходных глубин; в ряде случаев обобщенный попуск во много раз превышает заявки на изъятия воды из рек.

Наряду с нарастанием напряженности водохозяйственного баланса часть водных ресурсов растрачивается из-за нерационального использования. Так, на многих оросительных системах имеют место значительные потери воды на фильтрацию; водозаборные сооружения часто не оснащены водомерными сооружениями, что затрудняет контроль за режимом расхода воды на орошение и приводит к ее перерасходам воды. Поливная техника используется в значительной мере только в дневное время, что обуславливает холостые сбросы воды; низкое качество планировки орошаемых земель также приводит к перерасходам воды.

В промышленности недостаточными темпами внедряют мало-водные и безводные технологические процессы. Значительные объемы воды приходится затрачивать на удаление технологических отходов, и здесь также имеются значительные резервы экономии воды за счет перехода на безотходную или малоотходную технологию.

Велики потери воды в коммунальном водоснабжении вследствие крайне низких тарифов из-за несовершенства водопроводных сетей и арматуры, отсутствия учета и контроля использования воды.

Большую трудность в решении задач водообеспечения приносит загрязнение природных вод. До настоящего времени повсеместно речная сеть и водоемы выполняют роль систем для сбора, транспорта, захоронения и в какой-то степени очистки всех видов стоков (промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных). Отсюда все наиболее тяжелые и трудноразрешимые проблемы: «цветение» водоемов (из-за перегрузки органикой), вторичное загрязнение вод отложениями ранее выпавших загрязнений, необходимость разбавления загрязненных вод в соответствии с санитарными и рыбохозяйственными требованиями.

Основными задачами в области рационального использования и охраны водных ресурсов является разработка:

- современных методов изучения режима вод суши и их качества (включая дистанционные с использованием космической техники);
- математических моделей гидрологического цикла и его составляющих для оценки возможного изменения режима и ресурсов природных вод под влиянием изменения климата, в том числе обусловленных хозяйственной деятельностью;
- достоверных методов прогноза динамики водопотребления в условиях научно-технического прогресса;
- эффективной государственной политики в области водообеспечения и охраны природных вод от загрязнений;
- комплексной программы мероприятий по борьбе с нарастанием минерализации рек, сток которых интенсивно используется для орошения, и охране от засоления подземных вод;
- методики учета водного фактора при размещении производительных сил;
- вопроса о введении платы за специальное водопользование (включая использование водных объектов для сброса загрязненных или термальных вод);
- методики учета социальных процессов и запросов при проектировании мероприятий, оказывающих влияние на режим водных объектов;
- общих и региональных зависимостей между функционированием водных и околотоводных экосистем, с одной стороны, и характеристиками режима водных объектов — с другой;

— методики оптимального управления режимом естественных и искусственных водных объектов в условиях комплексного использования водных ресурсов;

— комплексной программы территориального перераспределения водных ресурсов;

— международных программ по изучению динамики водных ресурсов, теории управления, а также по проблемам использования международных водных ресурсов.

6.3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОХРАНЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Основной причиной оскудения и деградации водных источников является их загрязнение. Загрязняющие вещества можно разделить на первичные и вторичные.

При экологическом подходе загрязняющим считают любое вещество, не свойственное данному водоему в количественном или качественном отношении, меняющее его фоновое состояние.

Источником *первичных загрязняющих веществ* являются многоотраслевые материальные производства, которые используют природные ресурсы с очень малой эффективностью, выбрасывая в окружающую, в том числе и в водную среду до 98...99 % этих ресурсов в виде твердых и жидких отходов, атмосферных выбросов и др. К первичному следует отнести и загрязнение водоемов хозяйственно-бытовыми сточными водами.

В результате самоочищения или принудительной очистки воды от сбрасываемых в нее загрязняющих веществ образуются некоторые новые посторонние примеси, отличающиеся фазовым состоянием, дисперсностью, степенью деструкции и называемые *модифицированными первичными загрязняющими веществами*. К их числу относят продукты минерализации органически связанных углерода, азота, фосфора и серы соответственно в карбонаты (гидрокарбонаты), нитраты, фосфаты и сульфаты — источники эвтрофикации водоемов.

Очистка природных вод для питьевых целей, кондиционирование воды для технического использования (водоподготовка) и, наконец, очистка сточных вод перед их выпуском в водные объекты охватывают ежегодно десятки кубических километров воды и представляют собой соответствующие отрасли индустрии переработки вод. Как и другим, этим отраслям сопутствуют отходы производства, являющиеся *вторичными загрязняющими веществами* и в той или иной мере обесценивающие усилия по ох-

ране водной среды. Вторичными, или сопутствующими, загрязняющими веществами служат реагенты, применяемые для удаления и обезвреживания отходов, без которых невозможны индустриальные способы очистки.

Вторичные загрязняющие вещества отличаются от первичных по количеству, токсичности и распространению. С расширением переработки воды растет и влияние ее собственных отходов на качество водных ресурсов. Наибольшее выражение оно получило в увеличении уровня минерализации водоемов. Масса вторичных загрязняющих веществ зависит в первую очередь от количества первичных отходов, подлежащих удалению или обезвреживанию, выбора метода очистки. Под *экологическим подходом к способам (технологическим процессам) очистки сточных и природных вод* понимают выбор приемов индустриальной обработки этих вод, основанный на получении минимума вторичных загрязняющих веществ.

Если первичные загрязняющие вещества будут модифицированы в результате самоочищения таким образом, что вызовут повышение процесса эвтрофикации водоемов и окажется необходимой их очистка, то неизбежно появится целый ряд вторичных загрязняющих веществ. В этой связи возникает вопрос: можно ли предложить некий экономический эквивалент экологичности процесса? На первый взгляд эквивалентом представляется сумма затрат, необходимых для удаления из очищаемой воды внесенных в нее вторичных загрязняющих веществ.

Однако при этом появятся новые, *третичные загрязняющие вещества* и т. д. Видимо, имеется достаточно оснований к тому, чтобы самостоятельно существовали и при необходимости сопоставлялись экономические и экологические оценки тех или иных видов материального производства, в том числе отраслей водной индустрии. Представляется очевидным, что экологически обоснованные решения будут считаться экономически целесообразными, когда экологическая ситуация резко осложнится и приоритет экологичности перед экономичностью станет непреложным. Для охраны водных ресурсов важно уменьшение вторичного загрязнения при любых видах обработки воды.

С позиций концепции о первичных и вторичных загрязняющих веществах водной среды можно рассмотреть и **процессы повторного или оборотного использования воды**. Считается, что использование замкнутых систем водопотребления гарантирует водоемы от загрязнения благодаря прекращению сбросов в них сточных вод. Напомним, что с экологических позиций основ-

ным и решающим фактором является сокращение загрязнения водных объектов. Повторное и обратное использование воды никоим образом не может уменьшить массу первичных загрязняющих веществ, поскольку их формирование не зависит от способа протекания воды — прямотоком или в рецикле. Экологический эффект этих способов водопользования обусловлен главным образом уменьшением вторичного загрязнения, поскольку процессы очистки воды совершаются значительно реже, а сама очистка носит упрощенный характер по двум причинам: во-первых, в оборотных системах к воде предъявляются существенно менее строгие (технические) требования; во-вторых, очистка концентрированных растворов вызывает меньше экологических издержек, отнесенных, разумеется, к массе загрязняющих веществ, а не к объему очищаемой воды. Кроме того, загрязняющие вещества в оборотных системах какое-то время циркулируют вне водных объектов и сбрасываются с так называемыми продувочными водами.

Логика материального баланса веществ вынуждает, однако, к объективной оценке оборотного водопользования. В настоящее время необходимо решать вопрос о загрязняющих веществах, переходящих в окружающую среду через разбрызгивание и капельный унос. Так, в некоторые оборотные системы вводится ингибитор коррозии — хромат натрия или калия. Это токсичное вещество: 1 г Cr делает непригодной для питья 10 м³ воды. Наличие загрязняющих веществ в оборотных водах влияет на качество почвенных и грунтовых вод вблизи градиен и очистных сооружений. По мере расширения оборотного водоснабжения без тщательной очистки образующихся в обороте концентрированных загрязняющих веществ начнется неизбежное проникновение их в водоемы.

Подходы к обезвреживанию токсичного загрязняющего вещества с экологической точки зрения продемонстрированы на примерах локальной очистки сточных вод, содержащих хроматы. Можно назвать и сравнить по экологичности несколько **методов восстановления шестивалентного хрома в трехвалентный с переводом последнего в практически нерастворимый гидроксид**:

- восстановление с помощью сульфита или гидросульфита натрия в кислой среде с последующей нейтрализацией, осаждением и захоронением шлама $\text{Cr}(\text{OH})_3$;

- восстановление железным купоросом в кислой или щелочной среде;

— электрохимическое восстановление путем анодного растворения железных электродов в аппаратах проточного типа;

— анаэробное восстановление с помощью специально подобранных микроорганизмов;

— ионообменный метод, который, не изменяя валентности хрома, приводит к извлечению хроматов из сточных вод, повышению их концентрации и после определенных операций — к возврату хроматов в производство. При этом в оборотном цикле используется вода, очищенная от хроматов.

По расчетам, минимум вторичных загрязняющих веществ соответствует биохимическому методу. Однако, во-первых, следует подчеркнуть, что очистка при этом идет в анаэробной среде вместе с фекальными стоками. Во-вторых, при технологической необходимости сброса (например, в результате аварии) сточных вод, содержащих токсичные хроматы, это вызовет весьма нежелательные последствия. Кроме того, наличие $\text{Cr}^{(\text{III})}$ в шламе в виде гидроксида приводит к невозможности утилизации переработанного шлама в качестве удобрения. По экологичности эффект ионообменного метода примерно равен эффекту метода восстановления хрома с помощью бисульфита, но сохранение самого реагента, получение при этом очищенной воды и их повторное использование обуславливают преимущество первого метода, который можно рассматривать как продолжение обработки деталей в хромовом электролите.

Особое место в экологическом отношении занимает ионообменный метод очистки отработанных хромовых электролитов. Все остальные методы их обезвреживания вызывают разрушение электролита, в котором еще содержится 50...75 % ценного продукта (хромовой кислоты). При этом необходим еще и 5...10-кратный расход реагентов, приводящих к вторичному загрязнению. При ионообменном методе очистки хромовая кислота остается, а из электролита извлекаются загрязняющие его примеси. В этом случае вторичные загрязняющие вещества всего в 3...5 раз превышают массу удаленных веществ.

Целесообразность замкнутых систем водопользования должна основываться на балансе веществ, загрязняющих окружающую среду, в том числе и водную. При некоторых особых условиях географического или экономического характера возврат воды в производство может оказаться целесообразным даже в тех случаях, когда он будет вызывать удвоенное или утроенное загрязнение водной среды. Это особые случаи, выходящие за рамки экологического подхода. Но есть примеры безусловной

экологической целесообразности замкнутых систем водопользования. В электронной, радиотехнической промышленности используют полученную ценой экологических и экономических затрат особо чистую воду, которая после ее применения в несколько раз чище дистиллированной и на два порядка чище исходной воды. В этом случае замкнутый цикл водопользования (доочистка и возврат в производство) оправдан не только экономически, но и экологически благодаря резкому сокращению вторичного загрязнения водной среды, так как на доочистку расходуется на 1...2 порядка меньше реагентов, чем на получение новых объемов особо чистой воды.

С позиций концепций о вторичных загрязняющих веществах следует отметить также и имеющийся определенный резерв в мероприятиях по охране водных объектов от промышленных сточных вод. На некоторых внутризаводских очистных сооружениях сточные воды подвергают нейтрализации. Кислые и щелочные воды сбрасывают несинхронно, поэтому, когда приборы показывают низкие значения pH, в поток автоматически дозируют щелочи (обычно гидроксид кальция), в щелочную среду — раствор серной кислоты.

В технологическом отношении для приготовления нейтрализующих растворов проще всего пользоваться чистыми реагентами. Однако значительные резервы кислот и щелочей имеются на заводах в виде отработанных электролитов, содержащих до 50 — 70 % начальной кислотности или щелочности. Их использование как нейтрализующих агентов резко уменьшило бы поток вторичного загрязнения.

Экологичности охраны водных объектов могут способствовать также кустовые или межзаводские очистные сооружения, открывающие возможность использования отходов одних предприятий для взаимных нейтрализации и обезвреживания загрязняющих веществ смежных заводов. Сопоставление экономических и экологических показателей будет способствовать принятию компромиссных решений.

6.4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ВОЛГИ

Широкая общественность хорошо осведомлена о тяжелом положении великой русской реки Волги. Общая ситуация такова: природные водные системы Волги из-за создания каскада ГЭС и цепи водохранилищ из экологически стройного целого

превратились в хаотическое образование; затоплены поймы и заливные луга, надпойменные и первые террасы, гасившие разрушительные волновые процессы. По правобережью от Нижнего Новгорода до Чебоксар, от с. Камское Устье до Жигулевских гор и от Сызрани до Хвалынска, а затем от Дубовки до Камышина и даже южнее коренные склоны дали подвижку, сползают в сторону водохранилищ вместе с лесами, полями, лугами, селами, хозяйственными строениями и памятниками истории и культуры. Например, трещина, образовавшаяся в грунтах в районе близ села Б. Федоровка (ныне смытого и затопленного) на Саратовском водохранилище, отстоит от обрывистого берега на расстоянии километра и более. На левобережье Куйбышевского и Саратовского водохранилищ, где сосредоточены плодородные черноземы, подмыв и обрушение склонов наблюдаются на протяжении сотен километров.

Подсчеты показывают, что в Волгу ежегодно поступает около 300 млн т твердых веществ, поэтому она становится грязной, мутной. Еще полвека назад прозрачность воды в ней составляла несколько метров. Быстро деградируют низкие луговые и лесные приволжские экосистемы вблизи Нижегородского, Чебоксарского и Куйбышевского водохранилищ — заболачиваются и превращаются в болота. И здесь происходит хаос с подпочвенными и грунтовыми водами: они то поднимаются, то опускаются в соответствии с суточным, недельным или сезонным графиком работы энергоустановок. Ни один живой организм не может приспособиться к такому «прыгающему» воздушному и водному режимам, и потому земля здесь становится все менее продуктивной. Погибают приволжские леса.

Особенно трагично положение на Чебоксарском водохранилище. Здесь уже снесены десятки сел и деревень, разрушен старинный город Макарьев. В аварийном состоянии заречная промышленная часть Нижнего Новгорода, а ведь вода в водохранилище должна подняться еще. Стоимость защиты города, всех дамб и укреплений обойдется в сотни миллионов рублей. Но то, что подлежит защите в зоне затопления, есть сотая часть тех богатств, которые исчезают. Весь правый склон метр за метром уже начал сходить в воду. Десятки дамб с насосными станциями не могут защитить бывшие заливные луга. Чем больше откачивается воды, тем болотистее они становятся. На протяжении сотен километров Волга превращена в каменный канал, где убиты те экологические структуры, которые производили естественное очищение вод. Деградируют и волжские притоки. На десятки

километров вверх по течению они подперты, остановлены, а при высокой воде вообще текут вспять. Естественный промывной режим отсутствует.

В водохранилищах мелководья занимают до трети площади. Они являются рассадниками многих болезней животных и человека. Сюда ежегодно поступают с водосборов тысячи тонн ядохимикатов, минеральных удобрений, которые, взаимодействуя между собой, образуют скопища многочисленных токсикантов, таких, как диоксины. Именно здесь возникают сгущения макрофитов, водорослей и патогенных микроорганизмов. Тут же замечены признаки гибели рыб от ядовитых водорослей.

Долина Волги превратилась в гигантский мелководный испаритель и отсюда — в мощный охладитель всего Поволжья. Создание водохранилищ привело к изменению климата. Перестали вызревать многие овощи, фрукты. Интенсивно испаряющиеся мелководные водохранилища формируют мощную местную циркуляцию и мощный нисходящий поток холодного воздуха из атмосферы, препятствуют развитию конвективной облачности — основного источника выпадения местных осадков в теплое время года в долине Волги на расстоянии 10...30 км от берега. Таким образом, водохранилища способствуют развитию засухи в Поволжье. Отток тепла с местной циркуляцией от берега также способствует понижению летних температур. Еще более мощное влияние оказывают водохранилища весной: их вода с температурой 4 °С, изолированная прекрасным теплоизолятором — льдом, с высокой отражательной способностью, долго не может прогреться, что приводит к сильному охлаждению побережья. Все это способствует сдвигу начала вегетации на 10...30 дней. Описанный эффект усилен массовой рубкой лесов и садов, что привело к усилению скорости ветров. Теперь почва прогревается быстрее, но и охлаждается тоже быстрее. Выросла амплитуда суточной температуры почвы и воздуха, большей стала вероятность заморозков.

В. И. Вернадский различал стоячие, слаботекучие и текучие воды как разные природные тела. Слаботекучие и стоячие воды не разбавляют стоки, а лишь накапливают вредные вещества. Чем выше скорость потока воды, чем динамичнее ее масса, тем выше насыщение воды кислородом, ее самоочищаемость, тем больше перерабатывается веществ, поступающих в водные потоки. Потому создание застойных водоемов — это сотворение инородных по химическому и биологическому составу водных масс, заведомая растрата самого драгоценного ресурса — чис-

тых, питьевых пресных вод. Потому мы теперь на великой реке находимся «у реки, но без воды». Ежегодная естественная санитарная промывка в половодье всей речной экосистемы играла колоссальную роль. Теперь Волга этого лишена.

Химическая обстановка на реке крайне обострилась. С загрязненными промышленными сточными водами в Волгу поступают и стоки с сельхозугодий, содержащие ядохимикаты и остатки минеральных удобрений. Ежегодно в Волгу сбрасывают десятки тысяч тонн нитратов, сотни тысяч тонн взвешенных веществ, тысячи тонн фенолов и других биологически опасных химических веществ и органических соединений. Годового стока Волги уже не хватает, чтобы обезвредить все сточные воды. Химические вещества накапливаются в живых организмах и представляют опасность для них и для человека. Нитраты, восстанавливаясь в более токсичные нитриты и соединяясь с вторичными аминами, образуют нитрозамины, которые вызывают серьезные заболевания.

Возникает необходимость на базе глубокого экологического, экономического, социологического исследований приступить к конструированию экосистем, максимально приближенных к естественным. Должны быть разработаны рекомендации для сохранения и развития экологического баланса бассейна Волги, а затем и Дона.

6.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОСПОЛНЯЕМЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Искусственное восполнение подземных вод (ИВПВ) из поверхностных — относительно дешевый способ получения кондиционных питьевых вод. Их используют в первую очередь для хозяйственно-питьевого водоснабжения, пищевой промышленности, сельскохозяйственно-питьевого водоснабжения молочных ферм и кондиционирования воздуха. При искусственном восполнении подземных вод ставится задача бесперебойно удовлетворять потребности в воде, доводя ее до кондиций по качеству до подачи потребителю дополнительным их улучшением. На рис. 6.3 показана схема восполнения подземных вод из поверхностного источника с применением инфильтрационных бассейнов и береговой инфильтрации.

В этой системе воду, поступившую из реки в водозабор, перекачивает насосная станция на сооружении для улучшения качества воды. Водоносный слой здесь приурочен к пескам. У по-

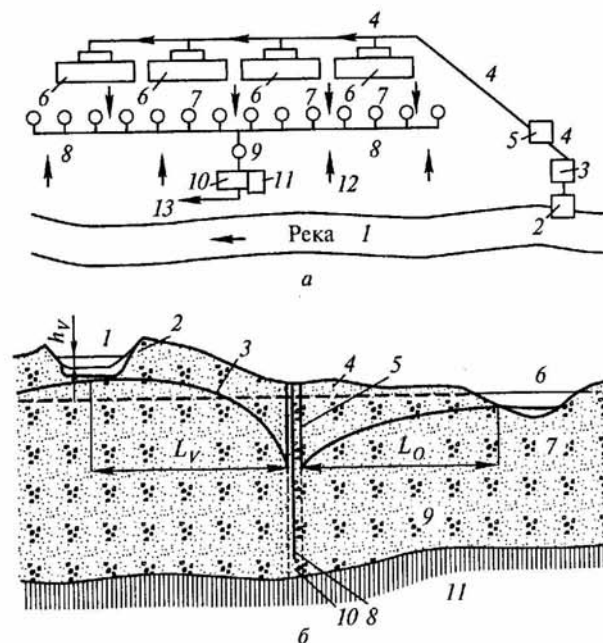


Рис. 6.3. Схема ИВПВ типа I из поверхностных вод с инфильтрационными бассейнами и береговой инфильтрацией:

а — план: 1 — река; 2 — водозабор поверхностных вод; 3 — насосная станция I подъема; 4 — трубопровод; 5 — сооружения для предварительного улучшения качества воды; 6 — инфильтрационные бассейны; 7 — скважины водозабора; 8 — водозабор подземных вод из скважин; 9 — регулирующий резервуар; 10 — насосная станция II подъема; 11 — сооружения для очистки; 12 — водонасосный горизонт; 13 — водовод от насосной станции II подъема к потребителю;
б — вертикальный разрез: 1 — инфильтрационный бассейн; 2 — илстая пленка в инфильтрационном бассейне; 3 — уровень грунтовых вод при инфильтрации из бассейнов и откачке из скважин; 4 — естественный уровень грунтовых вод при среднем уровне в реке; 5 — скважина водозабора; 6 — река; 7 — заcolmатированный слой в русле реки; 8 — динамический уровень воды в скважине; 9 — водоносный горизонт в песчано-гравийных отложениях; 10 — фильтр скважины; 11 — глины (водоупор)

верхности земли его покрывает слой суглинков. Водоносный горизонт связан непосредственно с рекой. До искусственного восполнения функционировал береговой инфильтрационный водозабор из скважин. С увеличением потребности в воде, а также в связи с выявившейся и прогрессирующей кольматацией русла реки увеличение расхода водозабора достигнуто искусственным восполнением подземных вод.

На рис. 6.3, б приведена вертикальная схема системы ИВПВ. Подземная вода поступает в водозабор из реки и со стороны инфильтрационных бассейнов, сохраняя зону аэрации под дном

бассейна. Схемы расположения скважин, сооружений предварительной и последующей очистки воды, резервуаров и насосных станций могут приниматься и другие.

Качество воды при ИВПВ обычно лучше, чем при полной очистке поверхностных вод. В частности, вода, получаемая при искусственном восполнении, имеет значительно меньшие амплитуды колебаний температуры: летом более прохладная, а зимой более теплая, чем поверхностная вода. Кроме того, при искусственном восполнении могут быть получены емкостные запасы подземных вод. В некоторых случаях возможность создать емкостные запасы подземных вод при недостатке расхода реки в межень является весьма важным показателем, определяющим выгодность и рациональность ИВПВ.

Изучение систем ИВПВ и эксплуатация их показывают, что в большинстве случаев запасы подземных вод формируются за счет поверхностных вод и для ряда водозаборов из артезианских горизонтов. Это характерно и для береговых инфильтрационных водозаборов, когда почти все их основное питание получается из поверхностных вод через водоносный горизонт без специальных инженерных мероприятий.

Задача ИВПВ — получить большой расход воды, восстановить и даже создать дополнительные эксплуатационные запасы подземных вод больших по площади районов.

Важной задачей ИВПВ является улучшение качества исходной поверхностной воды. Чем лучше качество исходной воды, тем больше упрощаются сооружения для ее очистки и снижается стоимость. При ИВПВ ставится задача улучшить или полностью обеспечить восполнение подземных вод при эксплуатации водозабора, используя простые инженерные мероприятия, и тем самым увеличить отбор воды хорошего качества. При недостаточном расходе поверхностных вод в отдельные периоды удается создать запасы подземных вод. Это нередко обходится дешевле строительства водохранилищ поверхностных вод. Кроме того, искусственное восполнение подземных вод может предохранить поступление соленых вод в водоносный горизонт. При эксплуатации ИВПВ возможно повышение уровня подземных вод, что способствует сохранению экологической среды.

По гидрогеологическим и техническим условиям можно выделить три основных типа искусственного восполнения подземных вод: I тип — открытое восполнение при поверхностной фильтрации из инфильтрационных бассейнов, каналов; II тип — закрытое восполнение при фильтрации через скважины, колодцы; III тип — простое

восполнение при поверхностной фильтрации с использованием естественных или нарушенных условий и их небольших улучшений.

При I типе искусственного восполнения (открытом) используют грунтовые воды первого от поверхности водоносного горизонта, не перекрытого сверху водонепроницаемыми породами или при толщине слоя последних не более 3...5 м. Инфильтрацию воды для восполнения можно осуществлять в бассейнах и канавах. Для схемы ИВПВ с инфильтрационными бассейнами на рис. 6.3, б вода поступает из реки. При небольшой мощности водоносного слоя (обычно не более 6...8 м) вместо водозаборных скважин закладывают горизонтальные водозаборы. В некоторых случаях более целесообразным оказывается лучевой водозабор (из горизонтальных скважин). В системе ИВПВ для водоснабжения Праги расход такого водозабора составляет 15,6 тыс. м³/сут воды.

При II типе искусственного восполнения (закрытом) эксплуатируют водоносные пласты при глубоком их залегании, отделенные от поверхности земли водоупорными слоями, или при грунтовых водах, залегающих сравнительно неглубоко, но отделенных от поверхности достаточно мощными (более 5 м) водоупорными слоями (рис. 6.4).

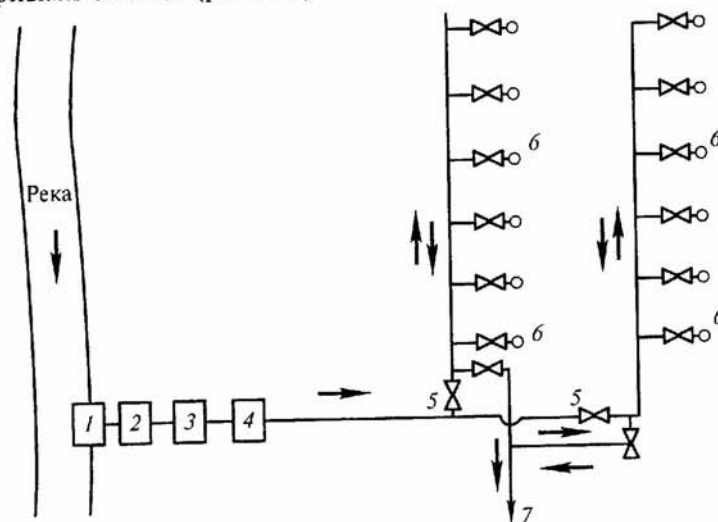


Рис. 6.4. Схема ИВПВ закрытого типа из поверхностных вод:

1 — водозабор из поверхностных вод; 2 — насосная станция I подъема; 3 — сооружения для очистки воды; 4 — насосная станция II подъема; 5 — задвижки; 6 — инфильтрационные (поглощающие) и водозаборные скважины; 7 — водовод к потребителю

Применяют системы ИВПВ II типа из двух рядов скважин, которые могут попеременно служить инфильтрационными и водозаборными, что в ряде случаев является весьма желательным, но несколько усложняет систему подачи воды в скважины и откачки из них. Применяют и другие схемы, в которых поглощающие и водозаборные скважины являются по назначению постоянными, но КПД их ниже.

Системы ИВПВ I типа при фильтрации с поверхности земли встречаются чаще, так как более экономичны, чем системы II типа.

III тип ИВПВ является наиболее простым, так как предварительное улучшение качества воды не применяется. По схеме III типа максимально используют естественные условия (старицы, затопление низких террас). Дополнительная фильтрация поверхностных вод в подземные может быть достигнута при устройстве плотин, водохранилищ, каналов с недорогими улучшениями.

Кроме названных типов систем, применяют системы ИВПВ с инфильтрацией через травяные покрытия, которые получили распространение в Германии. В травяных бассейнах слой воды небольшой — до десятков сантиметров, а вода для инфильтрации может в них подаваться с повышенной по сравнению с системами I типа мутностью. Инфильтрационные сооружения с травяными покрытиями устраивают в виде неглубоких инфильтрационных бассейнов, в которых дно покрывают дерном из трав, не боящихся подтопления в теплое время года, а зимой затопления; на лугах используют естественные понижения и при необходимости устраивают ограждения с валиками.

Некоторые характеристики климата непосредственно, а другие косвенно влияют на работу сооружений искусственного восполнения подземных вод, а следовательно, и на выбор схемы такого восполнения. Особенно важно учитывать изменение метеорологических условий как сезонных, так и по годам.

В РФ более 35 % использования подземных вод приходится на береговые инфильтрационные водозаборы, получающие воду из аллювиальных отложений. В такие отложения фильтруется поверхностная вода через русло реки. При этом обычно происходят кольматация русла, увеличение гидравлических сопротивлений и уменьшение расхода водозабора или снижение динамических уровней в нем. Кольматация русла и интенсивность ее при эксплуатации водозаборов происходят по-разному, в зависимости от гидрологических условий и от выбора участка ука-

занного водозабора. Так, при расположении водозабора около размываемого или периодически размываемого русла реки кольматация будет меньше или ее почти не будет по сравнению с участками не размываемых русл или с аккумуляцией отложений. Первые 10...30 лет влияние кольматации часто незаметно, но затем кольматация усиливается, в результате работы водозабора может происходить отрыв уровня грунтовых вод от дна русла реки.

Такое явление, например, наблюдалось на береговом инфильтрационном водозаборе на р. Сочи. Первые 25 лет влияние кольматации не замечалось; при этом расход водозабора постепенно возрастал до 100...120 тыс. м³/сут. Но через 30...40 лет при меженных расходах реки стало наблюдаться сильное снижение динамических уровней, а затем и дебита до 60...70 тыс. м³/сут, т. е. почти вдвое. В связи с этим с целью увеличения фильтрационных возможностей русла бульдозером рыхлили верхнюю часть русловых отложений и создали небольшой подпор в русле, установив несколько поперечных невысоких (0,3 м) заграждений, чтобы увеличить площадь инфильтрации. Такое мероприятие по увеличению восполнения подземных вод оказалось весьма эффективным, и расход водозабора стал прежний. Указанное мероприятие очень дешевое; если удалять кольматирующий материал, то эффективность такого водозабора можно сохранять длительный срок. Для этого надо производить рыхление в русле реки в период ее повышенных расходов, но при небольшой мутности. Рыхление русла реки следует проводить не на всю глубину закольматированного слоя. В каждом конкретном случае глубину рыхления следует обосновывать, и по санитарным соображениям рыхлить рекомендуется на глубину не более 2/3 закольматированного слоя.

При восполнении подземных вод в аллювиальных отложениях для поверхностной инфильтрации речных вод можно использовать понижения и старицы на пойменной террасе, заливаемые в паводок. Такие понижения и старицы можно заливать в период паводка и в его отсутствие, накачивать воду насосами из реки или при достаточных продольных уклонах долины, подавать воду самотеком по каналам или трубам, забирая воду из реки выше по течению. Воду можно подавать и на первую надпойменную террасу. Понижения и старицы в рельефе работают как инфильтрационные бассейны. Понижения в рельефе могут обваловываться для увеличения их емкости. При кратковременном

заполнении стариц уровни в них понижаются аналогично бассейнам при опорожнении.

Фильтрационные свойства дна стариц обычно невысокие, и даже начальные скорости инфильтрации не превышают 0,05...0,2 м/сут. В естественных бассейнах растут водные растения, которые поддерживают фильтрационные свойства дна, разрыхляя его корневой системой. Фильтрационные возможности отложений на дне озер обычно больше у берегов и меньше к середине. В озерах скорость инфильтрации ближе к берегу в 2...7 раз больше, чем в средней части.

При устройстве ряда гидротехнических сооружений (водохранилищ, каналов и др.) в результате изменения условий взаимодействия поверхностных и подземных вод эксплуатационные запасы последних могут увеличиваться за счет поверхностных вод, а в ряде случаев прежние соленые грунтовые воды вытесняются инфильтрационными пресными поверхностными водами.

Например, в результате строительства Волжской гидроэлектростанции им. В. И. Ленина по левому берегу р. Волги выше плотины значительно поднялся уровень грунтовых вод в песчано-гравийных отложениях и значительно увеличились их эксплуатационные запасы. В связи с этим оказалось возможным устроить несколько водозаборов грунтовых вод с большим расходом для водоснабжения. При устройстве каналов и фильтрации воды из них формируются потоки грунтовых вод, которые могут вытеснять соленые подземные воды.

Одним из возможных вариантов получения подземных вод при искусственном их восполнении может быть оттаивание мерзлых пород, вместимость которых иногда используется для искусственного восполнения подземных вод. Несмотря на неблагоприятные условия искусственного восполнения подземных вод в области многолетней мерзлоты, такой метод является перспективным.

Там, где для ряда объектов требуется хозяйственно-питьевая вода, а зимой ее не хватает или совсем нет, приходится транспортировать издалека. Искусственное восполнение возможно в надмерзлотных, межмерзлотных и подмерзлотных подземных водах, а также в мерзлых породах при их оттаивании. В большинстве случаев инфильтрация целесообразна через поглощающие скважины; в отдельных случаях для восполнения надмерзлотных вод можно применять инфильтрационные бассейны, но только в летний период. Это определяется суровой зимой, которая длится на севере около восьми месяцев. Для водопроводя-

щих таликов (надмерзлотных вод) возможны следующие способы искусственного восполнения:

1. Перекачка воды из того же горизонта в начале осени из нижнего (по течению) участка подземного потока в верхний участок — выше водозабора. Такой способ применяли при водоносных горизонтах, имеющих коэффициент фильтрации 200...250 м/сут, мощность 8...10 м, гидравлический уклон 0,001...0,009 и дебит водозабора 5...10 л/с. При таких условиях в долине р. Боханчи, правого притока р. Колымы, перекачка воды увеличивала прежний дебит водозабора в зимне-весенний период в 1,5 раза.

2. Регулирование запасов подмерзлотных вод целесообразно применять при значительном продольном уклоне долины (0,001...0,05 и более) и мощности отложений 8...10 м. Такие условия имеются во многих долинах рек бассейна р. Колымы.

3. Подпитывание инфильтрационными скважинами осуществляется в летний период, когда межмерзлотные и подмерзлотные воды подпитывают более теплой очищенной водой, что создает благоприятные тепловые условия.

4. Искусственное создание таликов путем гидравлического и электрического оттаивания используют при наличии мерзлых пород. Этот способ примерно в десять раз дороже гидравлического оттаивания.

5. Искусственное восполнение в сквозных таликах путем откачки при одновременной интенсивной инфильтрации более теплых вод в летний период создает большую емкость талика при оттаивании, и подземные воды к осени имеют более высокую температуру.

Искусственное восполнение подземных вод даже в суровых условиях Крайнего Севера по экономическим признакам конкурентоспособно по сравнению с другими источниками водоснабжения.

ИВПВ в талых водах применялось много сотен, а может быть, и тысяч лет назад, когда в пустынях кочевники пасли свои стада. С тех пор сохранились поглощающие колодцы, через которые поступает сток ливневых дождей в водоносные пески. Особенностью такого ИВПВ являлось вытеснение пресными поверхностными водами соленых грунтовых вод, часто с минерализацией до 30 г/л и более. В результате образовывалась линза пресных вод, плавающая на соленых грунтовых водах. Такие линзы пресных вод следует эксплуатировать с необходимыми предосторожностями, а именно: откачивать пресные воды с небольшим

понижением или одновременно откачивать и соленые грунтовые воды, чтобы предотвращать приток этих соленых вод к эксплуатационным скважинам, предназначенным для получения пресных вод. В ряде районов земного шара продолжают использовать цистерны как полые, так и заполненные песком для получения запасов подземных вод. При длительном хранении вода в полых цистернах портится, а в заполненных песком не портится — как в водоносном горизонте.

Источником получения пресных подземных вод в предгорных районах, а местами и в равнинах пустынь служат логи, сток по которым чрезвычайно неравномерен. Большую часть года, а то и в течение ряда лет эти логи бывают сухие, а во время очень редких сильных дождей расходы достигают многих сотен м³/с (западные склоны Копетдага); при этом вода бывает очень мутной и превращается иногда в грязевой поток. В таких условиях необходимо многолетнее регулирование запасов подземных вод и предварительное их отстаивание для дальнейшей инфильтрации. Важно выбрать пригодный участок для накопления запасов подземных вод (по емкости, фильтрационным свойствам и наличию соленых вод). При благоприятных условиях сток логов при искусственном восполнении подземных пресных вод может полностью обеспечить потребности объектов.

При эксплуатации прибрежных пресных подземных вод может поступать соленая морская вода. В этом случае устраивают гидравлический барьер между морем и участком эксплуатации подземных вод созданием искусственной инфильтрации пресных вод. Для инфильтрации сооружают бассейны или поглощающие скважины. Расход воды для создания защитного гидравлического барьера рассчитывают обычным гидродинамическим методом, а иногда балансовым методом по данным наблюдений за режимом подземных вод.

Для предупреждения поступления морских соленых вод в водозабор при рассматриваемых условиях расчет можно вести без гидравлического барьера, но с ограничением расхода водозабора.

Для бытового и хозяйственно-питьевого водоснабжения предусматривают охрану поверхностных и подземных вод от загрязнения с установлением соответствующих зон санитарной охраны. При ИВПВ в качестве источника восполнения обычно используют поверхностные воды. В связи с этим при ИВПВ следует предусматривать санитарные охраняемые мероприятия поверхностных вод как источника восполнения, а также всех сооружений ИВПВ, включая водозабор поверхностных вод, инфильтра-

ционные сооружения предварительного и последующего улучшения качества воды, резервуары, насосные станции, водоводы и другие сооружения.

В задачи санитарной охраны, таким образом, входит предупреждение загрязнений поверхностных и подземных вод, а также всех сооружений системы ИВПВ.

В зависимости от условий и возможностей загрязнения в зоне санитарной охраны устанавливают *два пояса*: первый — строгого режима и второй — с ограничениями. При использовании поверхностных вод для основных сооружений системы ИВПВ устанавливают два пояса. Для выходящих от системы ИВПВ водоводов к потребителю назначают обычные охраняемые санитарные мероприятия, а водоносный горизонт за пределами первого пояса может быть включен в зону ограничений (второй пояс) в зависимости от местных санитарных условий.

Качество поверхностных вод как источника ИВПВ в значительной степени определяет его схему, а также и качество воды, получаемой из указанной системы. Поэтому санитарные охраняемые мероприятия распространяются и на поверхностные воды (второй пояс).

ГЛАВА 7

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

В условиях рыночной экономики остро встает вопрос о рациональности и экономической целесообразности разработки и применения комплексных систем водопользования.

Развитие комплексных систем водопользования требует повышения затрат, окупающихся чистотой водных бассейнов, а также возможностью решения не только экономических, но и социальных задач, связанных с охраной природы.

В целом рассмотрение развития общественного производства в рамках исследования взаимосвязей (экономический рост — охрана окружающей среды, в частности гидросферы) включает изучение следующих вопросов:

— насколько существующие макроэкономические показатели экономического роста (совокупный общественный продукт, национальный доход и т. д.) отражают результаты социально-экономического развития в целом, в частности результаты природоохранной деятельности, направленной на предотвращение загрязнения окружающей природной среды;

— может ли стратегия экономического роста рассматриваться как средство решения проблемы охраны окружающей среды и предотвращения истощения природных ресурсов;

— в какой мере экономический рост влияет на качество окружающей среды и как ограниченные запасы природных ресурсов лимитируют экономический рост.

В последнее время рост затрат на проведение природоохранной деятельности вследствие возросшего антропогенного воздействия на окружающую природную среду в определенной мере влияет на снижение динамики роста микроэкономических показателей, хотя эти затраты в определенных пределах служат источником экономического роста.

Существует два подхода в оценке экономических показателей: на базе расходов, имевших место при освоении ресурсов, и по ожидаемому эффекту.

Мероприятия по использованию водных ресурсов оценивают с технической, экологической, социологической и экономической сторон. Такой анализ называют **технико-экономическим**. Он необходим при проектировании, реконструкции и эксплуатации водохозяйственных систем. Технико-экономический анализ является основой при определении структуры системы, выборе параметров ее элементов, оценке экономической эффективности вариантного решения, распределении затрат между участниками водохозяйственного комплекса, при обосновании эффективности водоохранных мероприятий. При технико-экономическом анализе рассматривают несколько различных вариантов решения поставленной задачи, поэтому имеет большое значение, какой ценой достигается поставленная цель в каждом из рассматриваемых решений.

При проектировании выявляют экономически наиболее выгодный вариант. Это делают на основе общей компоновки системы, построения структурной схемы, выбора типа сооружений водоснабжения и водоотведения, способов повторного использования воды, решения вопросов утилизации либо ликвидации, получаемых в результате очистки воды осадков, методов орошения и осушения сельскохозяйственных земель, видов мелиорации земель в сельскохозяйственном производстве.

7.1. ОСНОВНЫЕ ФОНДЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

В условиях развития экономики в сфере материального производства участвуют люди и средства производства.

Средства производства делятся на средства труда и предметы труда.

Средства труда — машины, оборудование, здания и сооружения — относят к основным фондам. Их стоимость переносится на выпускаемую продукцию долями в виде амортизационных отчислений в течение относительно длительного периода.

Предметы труда — сырье, материалы и т. д. — относят к оборотным фондам. Стоимость их полностью переносится на продукцию одного производственного цикла.

Капитальные вложения представляют собой затраты на создание новых, расширение и реконструкцию действующих основных фондов. Основным источником затрат на капитальные вложения является **национальный доход**, который представляет собой часть совокупного общественного продукта. Национальный доход состоит из фонда потребления и фонда накопления. Фонд накопления направляют на расширение и совершенствование производства, значительную часть его используют на капитальные вложения.

Одним из важнейших показателей интенсификации использования водных ресурсов является **водоемкость национального дохода**, которая имеет тенденцию к снижению.

7.2. КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ

При экономическом обосновании систем природопользования и создании комплексного водохозяйственного цикла должен соблюдаться народнохозяйственный подход, который означает:

- возможно более полный охват всех социально-экономических последствий различных вариантов природоохранных мероприятий в различных сферах народного хозяйства на перспективу, как ближайшую, так и дальнюю;

- возможно более полный охват всех затрат, связанных с осуществлением рассматриваемых вариантов природоохранных мероприятий;

- учет фактора времени при оценке затрат и результатов природоохранных мероприятий;

- межотраслевой подход к обоснованию природоохранных мероприятий с учетом необходимости экономии затрат на улучшение состояния водных ресурсов и окружающей среды в целом и обеспечение более эффективного использования природных ресурсов.

Экономическое обоснование природоохранных мероприятий производится путем сопоставления экономических результатов этих мероприятий с затратами, необходимыми для их осуществления с помощью показателя экономического эффекта природоохранных мероприятий и разработанных схем комплексного использования водных ресурсов.

Капитальные вложения включают затраты на выполнение строительно-монтажных работ; стоимость приобретенного оборудования, инструмента, инвентаря; прочие затраты (научные,

проектно-изыскательские работы, содержание дирекции строящихся предприятий и др.).

Общая (абсолютная) экономическая эффективность представляет собой отношение эффекта ко всей сумме капитальных вложений. Отношение прироста годового дохода к способствующим ему капитальным вложениям определяют **эффективность капитальных вложений** по отрасли в целом.

$$\mathcal{E} = \Delta D / K, \quad (7.1)$$

где ΔD — прирост годового дохода (чистая продукция), равный разности фактических объемов дохода за два следующих друг за другом года; K — капитальные вложения.

Определение прироста годового дохода от улучшения производственных результатов вследствие проведения многоцелевого природоохранного мероприятия или создание комплексной системы водопользования определяется по общей формуле:

$$D = \sum q_i z_j - \sum q_j z_i, \quad (7.2)$$

где q_i ($i = 1 \dots m$) — количество продукции i -го вида (качества), получаемой до осуществления оцениваемого мероприятия; q_j ($j = 1 \dots n$) — то же, после его осуществления; z_i (z_j) — оценка i (j)-й продукции.

Если прирост чистой продукции невозможно определить, то экономическую эффективность устанавливают отношением прироста прибыли к капитальным вложениям, обеспечивающим этот прирост. Прибыль определяют как разницу стоимости годового выпуска продукции в оптовых ценах и себестоимости этой продукции, а экономический эффект равен отношению этой разности к капитальным вложениям.

Показателем эффективности при сравнении вариантов являются **приведенные затраты**

$$Z = I + E_n K \quad (7.3)$$

или **полные затраты**

$$Z_n = I T_n + K, \quad (7.4)$$

где I — издержки эксплуатации (текущие затраты, себестоимость или эксплуатационные расходы); E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (в настоящее время принят для отрасли водного хозяйства равным 0,12), $E_n = 1/T_n$;

K — единовременные капитальные затраты на строительство;
 T_n — нормативный срок окупаемости, равный 8,35 года.

Приведенные затраты относят к одному году эксплуатации сравниваемых вариантов объектов строительства.

Текущие затраты составляют себестоимость единицы выпускаемой продукции или себестоимость годового выпуска продукции. В себестоимость входят все затраты, связанные с выпуском какой-либо продукции: оплата труда, стоимость потребленных материалов, топлива, энергии, амортизационные отчисления по основным фондам, эксплуатационные расходы по их содержанию (отопление, водоснабжение, электроснабжение, смазочные и обтирочные материалы и др.) и накладные расходы.

К **единовременным затратам** относят капитальные вложения на создание новых, расширение и реконструкцию существующих основных фондов производственного и непроизводственного назначения. При выявлении экономической эффективности объектов принимают полные капиталовложения с учетом сопряженных затрат.

Капитальные вложения в строительство включают затраты на возведение основного объекта и приобретение производственного оборудования, а также затраты на все смежные сооружения, необходимые для получения основной продукции (вспомогательные здания и сооружения, подъездные пути, водозаборы, водосбросы, очистные сооружения, энергетические объекты, коммуникации и т. п.).

К **сопряженным затратам** относят капитальные вложения на создание материально-технической базы строительной индустрии (заводов железобетонных изделий, домостроительных и деревообделочных комбинатов, заводов стальных конструкций и товарного бетона, заводов санитарно-технических заготовок и др.).

При определении приведенных затрат пользуются себестоимостью единицы продукции и удельными капитальными вложениями. В данном случае удельные капитальные вложения представляют собой полные единовременные затраты, приходящиеся на единицу годовой мощности, на 1 м коммуникаций и т. п.

При технико-экономическом анализе проектных решений используют следующие основные показатели: капитальные вложения, эксплуатационные расходы, затраты на возведение водохозяйственных объектов в смежных отраслях народного хозяйства, себестоимость (очистки и транспортирования питьевой воды в городе, очистки и отведения канализационных стоков, подачи воды для орошения сельскохозяйственных культур).

В практической деятельности проектных организаций капитальные вложения определяют в соответствии со сметно-финансовой документацией, разрабатываемой на основе Инструкции о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений и СНиП 1.02-01—85.

Объектные сметы составляют по рабочим проектам. Они определяют сметную стоимость сооружений, входящих в состав системы водоснабжения или водоотведения, а также всего водохозяйственного комплекса узла.

Сметную стоимость отдельных сооружений определяют по прейскурантам, укрупненным сметным нормам. Составлению сметы предшествует определение объемов работ с применением технических спецификаций. Например, техническая спецификация для составления смет на внешние сети систем водоснабжения включает наименование участка сети, длину трубопровода, диаметр и материал труб, характеристику грунтов, глубину заложения, наличие грунтовых вод и т. п. В объектные сметы включают средства на возведение временных зданий и сооружений в размере не более 3% от строительных и монтажных работ, а также прочие затраты, которые относятся к данному сооружению. Резерв средств на непредвиденные работы и затраты начисляется в размере 1,5 % от итогов.

7.3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ

Эксплуатационные расходы определяют путем сложения затрат, связанных с амортизацией основных фондов, текущим ремонтом, расходом электроэнергии, выплатой заработной платы и т. д.

Амортизационные отчисления определяют в процентах от сметной стоимости. Они включают амортизационные отчисления, необходимые для поддержания в работоспособном состоянии сооружений, зданий и установленного на них оборудования.

Затраты на текущий ремонт принимают в процентах от стоимости основных фондов.

Затраты на электроэнергию определяют по одно- или двухставочному тарифу.

По двухставочному тарифу оплачивают затраты на электроэнергию при общей присоединенной мощности свыше 750 кВт · А. При двухставочном тарифе затраты на электроэнергию рассчитывают по формуле

$$I_2^3 = N I_{\text{н}} + N T I_{\text{а}} \cdot 10^{-2}, \quad (7.5)$$

где N — максимальная мощность всех электродвигателей системы (без учета резервных), кВт; $I_{\text{н}}$ — тариф за 1 кВт присоединенной мощности, руб./год; T — время использования оборудования за год, ч; $I_{\text{а}}$ — тариф за 1 кВт · ч отпущенной (активной) электроэнергии, коп.

Одноставочный тариф (стоимость 1 кВт · ч отпущенной потребителю электроэнергии) действует в тех случаях, когда присоединенная мощность не превышает 750 кВт · А.

Затраты при одноставочном тарифе

$$I^3 = N T I_{\text{а}}' \cdot 10^{-2}, \quad (7.6)$$

где $I_{\text{а}}'$ — тариф за 1 кВт · ч отпущенной (активной) электроэнергии при одноставочном тарифе.

Расход используемой электроэнергии суммируется по отдельным потребителям. Затраты на реагенты

$$I^p = D_p Q_{\text{сут}} T I_{\text{р}} \cdot 10^{-6}, \quad (7.7)$$

где D_p — средняя доза расхода реагентов по норме, мг/л; $Q_{\text{сут}}$ — суточный расход воды или сточной жидкости, м³/сут; $I_{\text{р}}$ — стоимость реагентов, включая тару и транспортировку.

Заработную плату производственных рабочих (с учетом премиальных и дополнительной заработной платы) определяют в зависимости от штатного коэффициента и численности производственного персонала. Годовой фонд заработной платы рабочих

$$I^3 = 1,3 Q_3 K_{\text{ш}}, \quad (7.8)$$

где 1,3 — коэффициент, учитывающий размер премиального фонда и дополнительную заработную плату; Q — мощность объекта (производительность системы водоснабжения, производительность насосной станции или очистных сооружений, протяженность сетей водоснабжения, канализации и др.); Q_3 — годовая заработная плата одного рабочего; $K_{\text{ш}}$ — штатный коэффициент численности персонала, чел. (тыс. м³/сут).

7.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ

К числу наиболее важных задач при проектировании комплексных систем водопользования относится определение эффективности капиталовложений в водохозяйственные мероприятия.

Целью качественного проектирования является определение экономически наиболее выгодного варианта решения в целом и отдельных его элементов. Обоснование структуры и построение технологической схемы при проектировании водохозяйственного комплекса (ВХК) целиком и полностью основывается на данных технико-экономического анализа, при этом рассматриваются альтернативные варианты.

Методической основой для выбора наилучшего варианта технического решения из числа альтернативных служит метод сравнительной экономической эффективности.

Определение экономической эффективности использования водных ресурсов и проведения водоохранных мероприятий состоит в сопоставлении затрат на эти мероприятия с получаемыми от них результатами, при помощи которых получают ответ на вопрос о том, оправдаются ли производимые затраты. Величиной, характеризующей затраты, чаще всего являются капитальные вложения, а в качестве экономического результата используют данные о сумме прибыли D , получаемой благодаря этим капитальным вложениям.

При выборе экономически наиболее выгодного варианта пользуются коэффициентом сравнительной экономической эффективности, который показывает экономию ежегодных издержек на 1 руб. дополнительных капитальных вложений:

$$E = (I_{\text{II}} - I_{\text{I}}) / (K_{\text{I}} - K_{\text{II}}). \quad (7.9)$$

Обратную коэффициенту сравнительной экономической эффективности величину называют сроком окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$T_{\Delta K} = (K_{\text{I}} - K_{\text{II}}) / (I_{\text{II}} - I_{\text{I}}). \quad (7.10)$$

Вариант с большими капитальными вложениями (но меньшими ежегодными издержками) экономически выгоден тогда, когда $E > E_{\text{н}}$, при $E = E_{\text{н}}$ оба варианта равнозначны.

При определении экономической эффективности капитальных вложений, в особенности по крупным водохозяйственным объектам, для осуществления которых требуется длительное время, необходимо учитывать фактор времени, т. е. срок освоения капитальных вложений с одной стороны, и срок вывода объекта на проектный уровень получения прибыли — с другой.

Когда капитальные вложения осваиваются в разные сроки, суммарные (за все годы строительства) приведенные капитальные вложения вычисляют по формуле

$$K \sum_{t=1}^T = K_t (1 + E_0)^{\tau-t}, \quad (7.11)$$

где T — срок строительства; K_t — капитальные вложения в t -м году; E_0 — нормативный коэффициент, учитывающий потери в результате омертвления капитальных вложений; τ — год приведения (базисный год).

Значения E_0 связаны с нормативным коэффициентом эффективности капитальных вложений E_n зависимостью $E_0 = 0,8 E_n$.

Коэффициент E_0 используют для определения приведенных ежегодных издержек I , которые получают так же, как и приведенные к одному и тому же базисному году капитальные вложения:

$$I = \sum_{t=t_0}^m \Delta I_t (1 + E_0)^{\tau-t}, \quad (7.12)$$

где ΔI_t — приращение ежегодных издержек в t -м году; m — срок изменения издержек (от начала эксплуатации объекта до полного его освоения).

Водохозяйственные объекты, возводимые на долевых началах организациями разных отраслей народного хозяйства, должны иметь параметры, обеспечивающие оптимальные условия для функционирования объекта и охраны окружающей среды. Если водохозяйственный объект или система обеспечивают эффект в отраслях народного хозяйства, то затраты можно вычислить по формуле

$$Z = \sum_i^n \sum_t^t (E_n K_{it} + \Delta I_{it}) (1 + E_0)^{\tau-t}, \quad (7.13)$$

где i — индекс, обозначающий отрасль народного хозяйства, участвующую в финансировании строительства.

Для удобства пользования формулами приведены величины функции $y = (1 + E_0)^{\tau-t}$ для $E_0 = 0,08$:

$\tau - t$	-20	-10	-5	-1	0	1	5	10	20
y	0,215	0,463	0,681	0,926	1	1,08	1,409	2,150	4,661

При освоении альтернативных вариантов оптимальным считают вариант при $Z \rightarrow \min$. При технико-экономическом анализе необходимо соблюдать условия сопоставимости, т.е. рассмат-

риваемая система должна характеризоваться выпуском продукции одинакового количества и качества, а затраты должны быть приведены к одному базисному году.

7.5. ОСНОВЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

При анализе вариантов основными техническими и экономическими характеристиками являются: продукция, производственная мощность, производительность, себестоимость продукции, удельные капиталовложения, экономический эффект и др.

Продукция L_p дает представление об объеме ежегодно производимой отдельным объектом или всем водохозяйственным комплексом выработке (вырабатываемая электроэнергия, кВт · ч, количество перевезенного груза, т · км, расход воды, м³/год, урожайность, т/га, и т. д.).

Удельные капиталовложения $K_{уд}$ определяют отношения капиталовложений к установленной мощности или производимой продукции, т.е. представляют собой капиталовложения, приходящиеся на единицу мощности или продукции. Удельные капиталовложения при возведении комплекса сооружений определяют по формуле

$$K_{уд} = K_i / N, \quad (7.14)$$

где K_i — капитальные вложения, руб.; N — производительность системы (например, водоснабжения и канализации), м³/сут.

Полученные в результате обработки данных сметно-финансовых расчетов удельные капиталовложения служат не только для оценки экономической эффективности проектных решений, но и для определения стоимости капитальных вложений в элементы системы при технико-экономическом анализе предпроектных решений или выборе альтернативных вариантов решения для последующего анализа.

Ежегодные расходы (издержки) эксплуатации складываются из прямых эксплуатационных расходов (зарботной платы персонала, стоимости сырья, материалов, текущего ремонта, расхода на электроэнергию и т.д.) и отчислений на амортизацию (реновацию, т.е. на полное восстановление сооружений и оборудования и на капитальный ремонт). Ежегодные издержки равны себестоимости годового выпуска продукции.

Себестоимость — годовой выпуск продукции, руб./год. Себестоимость охватывает определенную номенклатуру расходов.

Например, для канализационных хозяйств министерством жилищно-коммунального хозяйства РФ установлена номенклатура расходов, состоящая из следующих основных статей: материалы (химические реагенты); электроэнергия топлива; амортизация; заработная плата производственных рабочих; цеховые и общеэксплуатационные расходы; внеэксплуатационные расходы.

Себестоимость производства единицы продукции — отношение полных ежегодных расходов (издержек, включая отчисления на амортизацию) к производимой продукции (для водоснабжения, водоотведения — к производительности системы, м³/год).

Стоимость годового выпуска продукции представляет собой *валовой доход*. Годовая прибыль, или чистый доход, водохозяйственного комплекса или отдельного объекта (руб./год) $D = C - И$, где C — стоимость годового выпуска продукции, производимой водохозяйственным комплексом или отдельным объектом, в оптовых ценах предприятия, руб./год.

Важнейшей характеристикой строящегося объекта является экономическая эффективность капитальных вложений. Для действующих объектов экономическую эффективность определяют отношением годовой прибыли к среднегодовым фондам (основным и оборотным). Показателем общей экономической эффективности для проектируемых объектов считают коэффициент эффективности капитальных вложений E_n .

Нормативный коэффициент E_n установлен для различных отраслей народного хозяйства равным 0,10...0,16 в зависимости от специализации хозяйств. Для расширяющихся или реконструируемых предприятий коэффициент E_n этого предприятия должен быть не ниже, чем до расширения или реконструкции.

Водоохранные мероприятия имеют своей целью борьбу с загрязнением вод, ухудшающих качество природной воды и приводящих к ущербу народного хозяйства. Показатели экономической эффективности капитальных вложений в этом случае должны учитывать снижение ущербов.

Срок возврата капитальных вложений

$$T = \Delta K / (Y_1 - Y_2), \quad (7.15)$$

где ΔK — дополнительные капитальные вложения на водоохранные мероприятия, млн руб.; Y_1 — ежегодный ущерб до осуществления природоохранных мероприятий, млн руб.; Y_2 — ежегодный ущерб после осуществления природоохранных мероприятий, млн руб.

Коэффициент эффективности

$$E = (Y_1 - Y_2) / \Delta K. \quad (7.16)$$

Если $T = 5 < T$ и $F > F_n$, то капитальные вложения в водоохранные мероприятия оправдают себя.

Для оценки ущерба разработана методика, сущность которой изложена ниже.

7.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ВОДНЫМ РЕСУРСАМ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Под **экономическим ущербом**, наносимым окружающей среде, принимают выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые народному хозяйству загрязнением окружающей среды, или дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

Методические основы исчисления эффективности затрат на охрану природы, критерии и показатели эффективности приведены во Временной типовой методике Научного совета АН СССР по проблеме «Экономическая эффективность основных фондов, капитальных вложений и новой техники». Изложенный в методике расчет эффективности природоохранных мероприятий положен в основу Временной типовой методики определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. Согласно этому документу, для определения ущерба предлагается использовать два варианта расчетов: метод прямого счета и эмпирический (укрупненный) метод. Выбор метода зависит от цели расчета.

Метод прямого счета позволяет получить более достоверные данные экономического ущерба. В расчетах при этом учитываются конкретные типы и формы нарушений, на предприятии, негативно воздействующих на окружающую среду. Это дает возможность установить очередность природоохранных мероприятий и разработать структуру оптимальных капитальных вложений на проведение этих мероприятий.

Полный годовой экономический ущерб от загрязнения $У$ (руб.) определяют по формуле

$$У = Y_3 b Q_m, \quad (7.17)$$

где Y_3 — удельный ущерб от загрязнения окружающей среды на единицу выброса, руб./т; b — масса выбросов на единицу продукции, т/т; Q_m — годовой выпуск продукции.

Экономический эффект рассчитывают по формуле

$$Y_{\text{выб}} = Y_{\text{атм}}\alpha + Y_{\text{в}}\beta + Y_{\text{зем}}\gamma + Y_{\text{н}}\eta, \quad (7.18)$$

где $Y_{\text{выб}}$ — экономический ущерб от массы всех видов выбросов, поступающих в природную среду от отдельного источника или предприятия в целом, руб./год; $Y_{\text{атм}}$ — удельный экономический ущерб, причиняемый выбросами загрязнений в атмосферный воздух, руб./год; $Y_{\text{в}}$ — удельный экономический ущерб, причиняемый сбросом загрязняющих примесей в водные источники, руб./год; $Y_{\text{зем}}$ — удельный экономический ущерб от нарушения и загрязнения земельных ресурсов, руб./год; $Y_{\text{н}}$ — удельный экономический ущерб от нарушения и загрязнения недр, руб./год; $\alpha, \beta, \gamma, \eta$ — поправочные коэффициенты на степень достоверности укрупненного метода, определяются в каждой из сфер водохозяйственной деятельности как соотношение между показателем ущерба, определенного методом укрупненного счета, и показателем ущерба, определенного методом прямого счета.

Отрицательное воздействие участников водохозяйственного комплекса на окружающую природную и хозяйственную среды оценивают по двум группам затрат, компенсирующих причиненные ущербы (I группа), и реализацию мероприятий, направленных на предупреждение или ограничение размера отрицательного воздействия (II группа).

Воздействующие факторы и показатели состояния реципиентов. Деятельность водохозяйственных систем приводит к заметным изменениям в природных условиях. Интенсивное развитие водохозяйственного строительства зачастую влечет за собой изменения в окружающей природной среде, а в некоторых случаях вызывает необратимые природные процессы в экологических системах. Таким образом, деятельность участников водохозяйственного комплекса характеризуется не только положительными, но и отрицательными последствиями.

Учет и оценка отрицательных последствий изучены пока не полно и носят приближенный характер. Отрицательные последствия являются следствием воздействующих факторов.

Антропогенные факторы оказывают доминирующее влияние на качество воды и истощение водных ресурсов.

Атмосферные факторы отрицательно влияют на гидрохимический и гидробиологический режимы водных объектов.

Климатические факторы оказывают отрицательное влияние на состояние водных объектов в тех случаях, когда климатические условия существенно отличаются от нормы.

Гидравлические факторы отрицательно действуют на гидрогеологический, гидрохимический и гидробиологический режимы водных объектов.

Воздействующие факторы оказывают различные влияния на реципиентов. Например, антропогенные факторы, влияющие на качество воды, могут привести к изменению состояния здоровья людей в результате пользования водой плохого качества. Под влиянием атмосферных факторов могут произойти гидрохимические изменения в режиме водного объекта, при которых существенно образом ухудшатся рекреационные показатели.

В качестве основных видов реципиентов рассматриваются: население; объекты жилищно-коммунального хозяйства (сели-тебная территория, жилищный фонд, городской транспорт, зеленые насаждения и др.); сельскохозяйственные угодья; лесные ресурсы; элементы основных фондов промышленности и транспорта; рыбные ресурсы; рекреационные ресурсы.

При определении ущерба необходима количественная оценка изменения состояния людей и различных объектов под действием загрязненной среды.

Загрязнение или истощение водных ресурсов может оказывать отрицательное воздействие на реципиентов. Оно проявляется главным образом в повышении заболеваемости людей, снижении их работоспособности, ухудшении условий жизни населения, снижении продуктивности природных ресурсов, ускоренном износе основных фондов и т.д.

Предупреждение нежелательного действия загрязненной среды на реципиентов (когда такое предупреждение технически возможно) требует определенных затрат. Предотвращение нежелательных последствий возможно в результате строительства сооружений по охране водных объектов. Для возведения этих сооружений необходимы единовременные затраты на строительство станций аэробной биологической, физико-химической и механической очистки производственных и городских сточных вод; сооружений и установок по доочистке сточных вод; сооружений предварительной стадии очистки сточных вод (нефтеушек, жироловок, станций нейтрализации, флотационных установок, установок обезвреживания шламов); устройство водоохраных зон с комплексом технологических, лесомелиоративных, агротехнических, гидротехнических, санитарных и других мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения, засорения и истощения водных ресурсов; установок по сбору нефти, мазута, мусора и других отходов с акваторий водных объ-

ектов, включая суда-сборщики и нефтеочистные станции; опытных установок по разработке новых методов очистки сточных вод; установок и сооружений для сбора, транспортировки, переработки и ликвидации жидких производственных отходов и кубовых остатков; полигонов и установок для обезвреживания вредных промышленных отходов, загрязняющих водные объекты; береговых сооружений для приема с судов хозяйственно-бытовых сточных вод и мусора для утилизации, складирования и очистки; систем водоотведения городов; основных коммуникаций для отвода промышленных сточных вод (включая ливневые) и сооружений на них (при этом в основные коммуникации не входят внутриплощадочные сети предприятий).

Затраты необходимы и для возмещения последствий, вызываемых воздействием загрязненной среды. Затраты последнего типа возникают, если полное предупреждение такого воздействия невозможно или если затраты на полное предупреждение воздействия оказываются большими, чем сумма затрат обоих типов при частичном предотвращении воздействия загрязненной среды на людей и различные объекты.

Ущерб от создания водохранилищ. Затраты на создание водохранилищ составляют существенную часть общих затрат на строительство ВХК, особенно для водохранилищ многолетнего регулирования на равнинных реках в обжитых районах. Затраты на строительство водохранилищ зависят от природных и экономических условий, степени и специализации сельскохозяйственного района, плотности населения, организации транспортного обслуживания. В плотно населенных сельскохозяйственных районах до 70...80 % от общих затрат по водохранилищу составляют затраты на переселение населения и компенсацию ущерба сельскому хозяйству.

Наиболее сложной является проблема переселения людей. Ее решают с учетом социальных, национальных и других вопросов (например, вопросов трудоустройства населения, организации отдыха, связи, транспорта и т.п.). При сносе школ, лечебных, детских, культурных учреждений предусматривают затраты на строительство зданий той же вместимости. Населению предоставляют возможность получения квартир в благоустроенном доме по действующим санитарным нормам.

Ущерб от затопления сельскохозяйственных земель компенсируют путем освоения новых или интенсификации старопахотных земель с целью полного восстановления потерянной при затоплении сельскохозяйственной продукции. Разработаны нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых.

Кроме ущербов от затопления учитывают ущерб в сельском хозяйстве от изменения гидрологических условий в нижнем и верхнем бьефах при создании водохранилищ.

Компенсация ущербов предусматривает затраты на переустройство или защиту жилищно-коммунальных объектов, промышленных предприятий, транспортных сооружений. При переустройстве промышленных объектов возможен их снос или перенос из зоны затопления. В этом случае предусматривают затраты на транспортировку демонтируемых материалов и оборудования, монтаж последних на новом месте, а также ущерб, наносимый народному хозяйству в результате невыдачи готовой продукции при перерыве в работе производства. Так же решается вопрос об объектах и памятниках материальной культуры (археологических, исторических, уникальных геологических обнажениях, реликтовых насаждениях, заповедниках). Причем рассматривают варианты их инженерной защиты, переноса или воссоздания в реконструированном виде.

Наряду с переносом объектов из зоны затопления предусматривают строительство сооружений инженерной защиты.

Компенсация ущербов рыбному хозяйству направлена на реализацию мер по предупреждению потерь рыбной продукции. Для этой цели предусматривают строительство рыбопропускных и рыбозащитных устройств, рыбоводных заводов, нерестово-выростных хозяйств и т. д.

При выборе экономически наиболее выгодного варианта помимо затрат учитывают факторы биологического и инженерного характера.

Для сокращения размера ущерба рыбному хозяйству планируют организацию своевременных специальных рыбохозяйственных попусков, для обводнения нерестилищ. Такие попуски исключают или снижают негативные изменения гидрологического режима в нижнем бьефе гидроузла.

В природоохранных целях проводится лесоочистка ложа водохранилищ, лесосводка и лесоочистка. К лесосводке относят вырубку товарной древесины, к лесоочистке — лесной растительности нетоварного значения, а также срезку и корчевку пней. Лесоочистка необходима для водохранилищ, предназначенных для использования в целях водоснабжения, рыбного хозяйства, рекреаций. В эти расходы входят также затраты по ликвидации возможных источников загрязнения воды, которые включают: санитарную очистку территорий населенных пунктов, предприятий и животноводческих ферм, расположенных в зоне затопления; специальную санитарную очистку мест специфического за-

грязнения и зон водозаборов коммунально-бытового водоснабжения; перенос, обезвреживание или инженерную защиту кладбищ и скотомогильников; мероприятия по борьбе со всплыванием торфяников, по охране грунтовых вод и т. д.

Ущерб в водном транспорте возникает в результате ухудшения судоходных условий или невозможности использования водного пути, а также при переносе объектов водного транспорта.

Ущерб от сброса сточных вод определяют как затраты на ликвидацию последствий загрязнений. Это увеличение затрат на медицинское обслуживание в связи с ростом заболеваемости, по переносу мест массового отдыха, на мероприятия по оздоровлению рек (создание сооружений искусственной очистки) и т. п.

Ущерб от сброса содержащихся в сточных водах (предприятия, населенного пункта) загрязняющих примесей в k -й водохозяйственный участок, руб./год, определяют по формуле

$$Y_v = \gamma \sigma_k M, \quad (7.19)$$

где γ — множитель, принимаемый в условных рублях на тонну; σ_k — константа, имеющая разное значение для различных водохозяйственных участков; M — приведенная масса годового сброса примесей данным источником в k -й водохозяйственный участок, усл. т/год.

Приведенная масса

$$M = \sum_{i=1}^N A_i m_i, \quad (7.20)$$

где i — номер примеси, содержащейся в сбрасываемой сточной жидкости; N — число разновидностей примесей, сбрасываемых со сточной жидкостью в водоем; A_i — показатель относительной опасности сброса i -го вещества в водоем, усл. т/т; m_i — общая масса годового сброса i -й примеси в сточных водах (предприятия, населенного пункта), т/год.

Сточные воды, как правило, содержат несколько типов примесей, различающихся степенью очистки. Поэтому общая масса годового сброса i -й примеси, поступающей в водоем, определяется суммированием всех видов сточных вод:

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{ij}, \quad (7.21)$$

где m_{ij} — масса годового поступления i -го вещества в водоем от отдельного объекта со сточными водами j -го типа, $j=1, 2, \dots, k$, т/год.

Если сточные воды j -го типа сбрасываются в водоем только от оцениваемого объекта, без смешения со сточными водами других источников, и величина концентрации i -й примеси c_{ij} , г/м³, в поступающих в водоем сточных водах j -го типа в течение года относительно постоянна, то масса годового поступления i -го вещества со сточными водами j -го типа m_{ij} , т/год может быть приближенно определена по формуле

$$m_{ij} = c_{ij} V_j, \quad (7.22)$$

где V_j — объем годового сброса сточных вод j -го типа данным объектом в водоем, млн м³/год.

Если на городские или объединенные очистные сооружения поступают сточные воды от нескольких (L) объектов и при этом очистные сооружения удерживают p_i % от общей массы i -го вещества, поступившей в очистные сооружения от всех L объектов за год, а $(100 - p)$ % сбрасывается в водоем, причем от l -го источника ($l = 1, 2, \dots, L$) на очистные сооружения поступает m_{il} (т/год) i -го загрязняющего вещества, то масса годового сброса i -го вещества в водоем от l -го объекта (m_{il}) определяется по формуле

$$M m_{il} = \frac{100 - p_i l}{100} m_{il}^0. \quad (7.23)$$

Значение A_i для каждого содержащегося в сточной жидкости загрязняющего вещества (усл. т/т) составляет

$$A_i = 1/\text{ПДК}_{pi}, \quad (7.24)$$

где ПДК_{pi} — предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей.

При отсутствии значения ПДК_{pi} , необходимого для определения значения A_i , можно применять предельно допустимую концентрацию i -го вещества для объекта хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

При оценке ущерба от загрязнения водоемов следует учитывать все сбрасываемые загрязняющие вещества, включая микропримеси. Игнорирование какой-либо микропримеси, сбрасываемой в водоем, приводит к занижению ущерба, что может привести к заниженной оценке социально-экономической эффективности водоохраных мероприятий.

При оценке экономического ущерба, наносимого окружающей среде, в частности водоемам, особое значение приобретает огромный вред, наносимый населению и коммунальному хозяйству.

При расчете эффективности мер по борьбе с загрязнением необходимо сопоставлять возможный ущерб, наносимый антропогенным загрязнением окружающей природной среды с капитальными и эксплуатационными затратами, необходимыми для его предотвращения.

Применительно к водным ресурсам Западного Урала такая работа была выполнена и ее результаты представлены в табл. 7.1. Анализ данных таблицы показывает, что эффективность капитальных вложений высокая, а сроки окупаемости короткие — до 2,56 года, и только в случае угольной промышленности — свыше 11 лет.

Таблица 7.1. Эффективность капитальных вложений в водоохранное строительство

Загрязнители окружающей среды	Предварительный ущерб, млн руб.	Капитальные вложения, млн руб.	Текущие затраты, млн руб.	Предотвращенный ущерб без текущих затрат, млн руб.	Эффективность капитальных вложений	Срок окупаемости капитальных вложений, годы
Черная металлургия	16,1	17,0	3,4	12,7	0,75	1,34
Угольная промышленность	2,3	7,7	1,6	0,7	0,09	11,11
Теплоэнергетика	10,3	17,6	3,5	6,8	0,39	2,56
Машиностроение	7,1	11,7	2,3	4,8	0,41	2,44
Химическая промышленность	83,9	57,0	11,4	72,5	1,27	0,79

7.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Для обоснования капитальных затрат на приобретение или разработку новой техники, не имеющей широкой апробации, требуется определить экономический эффект от ее внедрения. Годовой экономический эффект определяется сравнением исходных показателей по себестоимости и удельным капитальным затратам до внедрения новых технических решений с показателями, полученными после внедрения мероприятий по новой технике, с расчетом на годовой объем производства продукции.:

$$\mathcal{E} = [(C_c + EK_c) - (C_n + EK_n)]A_n, \quad (7.25)$$

где $\mathcal{E}$ — годовой экономический эффект или годовая экономия, руб.; C_c — себестоимость на единицу продукции до внедрения мероприятий по новой технике, руб.; C_n — то же, после внедрения мероприятий по новой технике, руб.; K_c — удельные капитальные затраты, т.е. капиталовложения, которые приходится на единицу продукции до внедрения мероприятий по новой технике, руб.; K_n — то же, после внедрения новой техники, руб.; A_n — годовой объем производимой продукции после начала внедрения мероприятий по новой технике; E — нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных затрат.

Схема технико-экономических расчетов приведена в табл. 7.2.

Таблица 7.2. Техничко-экономические показатели промышленного узла

Наименование	Единица измерения	Показатели				
		По исходному положению	По схеме генерального плана промышленного узла	Уменьшение по отношению к исходному положению		Примечание
				Абсолютное	В процентах	
Протяженность инженерных сетей: водоснабжения водоотведения	км					
Расход воды: свежей оборотной повторно используемой	м ³ /с					
Количество и производительность водопроводных сооружений: водозаборы фильтровальных станций насосных станций резервуара чистой воды другие сооружения	шт., м ³ /сут					
Количество и производительность сооружений на водоотводящих системах: очистные сооружения насосные станции перекачки сточных вод другие сооружения	шт., м ³ /сут					

7.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАТРАТ НА ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Экономическое обоснование наиболее эффективных направлений по созданию водохозяйственных комплексов относится к первоочередным задачам.

Временная типовая методика определения экономической эффективности затрат на мероприятия по охране окружающей среды исходит из основных принципиальных положений Типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений (М., 1983) и развивает их применительно к вопросам охраны окружающей среды и в частности — водных источников. Это связано с особенностями оценки экономической эффективности капитальных вложений в природоохранные мероприятия.

Во-первых, если капитальные вложения в производство обеспечивают прирост прибыли, то эффект от затрат на охрану окружающей среды выражается в основном в виде предотвращения потерь и затрат, возникающих в результате загрязнения.

Во-вторых, региональный характер эффекта природоохранных мероприятий проявляется не только на предприятиях и в отрасли, но на всей территории, на которую распространяется их действие. Для этого при определении эффекта природоохранных предприятий следует установить затраты не только этого предприятия или отрасли, но и изменение затрат у предприятий, использующих нарушенные природные ресурсы.

В-третьих, большая доля социальных результатов природоохранной деятельности трудно поддается стоимостной оценке.

Строительство и эксплуатация водохозяйственных объектов неразрывно связаны с реализацией **мероприятий по охране природной среды**. К этим мероприятиям относят:

- пополнение водой истощенных водоемов и водостоков;
- сокращение потребления и сброса воды;
- попуски воды для разбавления промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков; регулирование стока для поддержания необходимого гидробиологического, гидрохимического, санитарно-гигиенического состояния водной системы и др.

Экономический эффект от водоохранных мероприятий определяется с целью технико-экономического обоснования вариантов решений, мероприятий, различающихся между собой способами достижения поставленной цели, а также по воздействию на производственные результаты отраслей, осуществляющих эти меро-

приятия (обоснования экономически наиболее целесообразного вида мероприятия, распределения вложений между одно- и многоцелевыми мероприятиями, включая малоотходные технологические процессы и др.; экономической оценки фактически осуществленных водоохранных мероприятий).

Водоохранные мероприятия представляют собой все виды хозяйственной деятельности, направленные на снижение и ликвидацию отрицательного антропогенного воздействия на водные ресурсы, сохранение, улучшение и рациональное использование их потенциала. К числу таких мероприятий относят:

- строительство и эксплуатацию очистных и обезвреживающих воду сооружений и устройств;
- развитие малоотходных и безотходных технологических процессов и производств;
- размещение предприятий и систем транспортных потоков с учетом экологических требований;
- меры по борьбе с непроизводительным расходом воды, охране вод от засоления и загрязнения; рациональное использование водных ресурсов.

Водоохранные мероприятия предусматривают соблюдение нормативных требований, отвечающих интересам охраны здоровья людей и охраны водных ресурсов, с учетом перспективных изменений, обусловленных развитием производства и демографическими сдвигами; получение максимального народнохозяйственного экономического эффекта от улучшения состояния водохозяйственного комплекса и рационального использования водных ресурсов.

Экономическая эффективность капиталовложений в охрану природы определяется для установления допустимых соотношений между затратами на природоохранные мероприятия и народнохозяйственным эффектом, получаемым от их реализации.

Решение этой задачи включает следующие этапы:

- составление перечня альтернативных вариантов природоохранных мероприятий;
- выбор из числа сравниваемых наиболее эффективного и практически реализуемого варианта;
- экономическая оценка природоохранных мероприятий или отдельных факторов;
- определение оптимальных параметров мероприятия.

На первом этапе решения задачи выявляются все возможные последствия от создания объекта и намечаются природоохранные мероприятия по ограничению его негативного влияния на

окружающую среду. Эффективность рассматриваемых природоохранных мероприятий оценивается совокупностью экологических, социальных, технических и экономических параметров. Мера достижения указанных целей характеризуется показателями социальных и экономических результатов, которые проявляются в экологическом, социально-экономическом и социальном эффектах.

Экологический результат заключается в снижении отрицательного воздействия на водные ресурсы и улучшении их состояния; проявляется в снижении объемов поступающих в водные объекты загрязнений и понижении уровня их загрязнения (концентраций вредных веществ), а также в увеличении объема и в улучшении качества пригодных к использованию водных ресурсов.

Социально-экономический эффект характеризуется повышением уровня жизни населения, эффективностью общественного производства, ростом национального богатства страны. Он проявляется в перечисленных ниже социальных и экономических результатах. Социальные результаты выражаются в улучшении физического развития населения и в сокращении заболеваемости, увеличении продолжительности жизни и периода активной деятельности, улучшении условий труда и отдыха, поддержании экологического равновесия (включая сохранение генетического фонда).

Социальный результат может быть представлен в денежной форме и поэтому получает частичное отражение в экономическом результате природоохранных мероприятий.

Экономический результат, достигаемый благодаря осуществлению водоохранных мероприятий, заключается в экономии или в предотвращении потерь ресурсов, улучшении условий труда, а также в расширении сферы личного потребления.

Расчет экономического эффекта водоохранных мероприятий основан на сопоставлении затрат с достигаемым благодаря этим мероприятиям экономическим результатом. Последний представляет собой предотвращаемый благодаря этим мероприятиям ущерб от загрязнения водного объекта (для одноцелевых мероприятий). Для многоцелевых мероприятий он выражается в виде суммы значений предотвращаемых ущербов и приростов дохода от улучшения производственных результатов деятельности участника или группы участников водохозяйственного комплекса.

Экономический результат (для многоцелевых водоохранных мероприятий) составляет

$$\mathcal{E} = \Delta U + \Delta D, \quad (7.26)$$

где ΔU — предотвращаемый ущерб, $\Delta U = U_1 - U_2$; U_1 — ущерб до осуществления мероприятия; U_2 — остаточный ущерб после проведения мероприятия; ΔD — прирост дохода.

Годовой прирост дохода от улучшения производственных результатов вследствие проведения многоцелевого водоохранных мероприятия

$$\Delta D = \sum_{j=1}^n q_j z_j - \sum_{i=1}^m q_i z_i, \quad (7.27)$$

где q_j — количество товарной продукции j -го вида (качества), получаемой после осуществления оцениваемого мероприятия ($j = 1, 77, \dots, n$); q_i — то же, до осуществления мероприятий ($i = 1, \dots, m$); $z_{i(j)}$ — оценка единицы i -й (j -й) продукции.

Оценку продукции, дополнительно получаемой в результате предотвращения образования отходов или их утилизации, производят по замыкающим затратам (кадастровым ценам) на аналогичную продукцию (из первичного сырья).

Если периоды строительства (реконструкции), а также проектные сроки эксплуатации водоохранных сооружений и устройств в сравниваемых вариантах одинаковы (различие в сроках не превышает трех лет), а затраты и результаты в период эксплуатации существенно не меняются, то сравнение вариантов производится по формуле

$$R = (\mathcal{E} - \mathcal{Z}) \rightarrow \max, \quad (7.28)$$

где $\mathcal{Z}$ — определяют по формуле (7.3).

Сравнение вариантов, характеризующихся неодинаковыми сроками строительства и разными сроками эксплуатации, а также изменяющимися в период эксплуатации затратами и результатами, производят по суммарному экономическому эффекту:

$$R = \sum_{t=\tau}^T \frac{P_t}{(1 + E_{ин})^{t-t_0}} - \sum \mathcal{Z}, \quad (7.29)$$

где T — год завершения эксплуатации объекта; τ — год начала эксплуатации; P_t — экономический результат для t -го года; $E_{ин}$, t_0 — соответственно нормативный коэффициент приведения затрат и базовый момент времени; $\sum \mathcal{Z}$ — суммарные затраты за период строительства и эксплуатации объекта с учетом фактора времени.

Экономический эффект водоохранных мероприятий характеризуют:

— предотвращение ущерба от загрязнения вод благодаря снижению уровня их загрязнения;

— прирост экономического потенциала водных ресурсов, сберегаемых (улучшаемых) в результате осуществления водоохранного мероприятия;

— экономия реализуемой продукции благодаря более полной утилизации материальных ресурсов.

Капиталовложения и эксплуатационные расходы для осуществления водоохранных мероприятий называют **водоохранными затратами**.

Водоохранные мероприятия могут быть одно- и многоцелевые.

Одноцелевые мероприятия (строительство и эксплуатация очистных и улавливающих сооружений и т. п.) направлены исключительно или главным образом на снижение загрязнения водной среды.

Многоцелевые мероприятия (строительство и эксплуатация систем замкнутого водоснабжения, утилизация отходов производства и потребления, применение малоотходных технологических процессов и производств, устройств водоохранных зон, зон санитарной охраны) направлены на снижение загрязнения водных ресурсов, на улучшение состояния водных объектов, улучшение деятельности участников водохозяйственного комплекса, увеличение выпуска продукции, расширение ее ассортимента и повышение качества.

В результате осуществления защитных мероприятий происходит и оздоровление природной среды, повышается продуктивность земельных, лесных и других видов угодий.

Экономический эффект от повышения ценности природных ресурсов вычисляют по формуле

$$\mathcal{E} = (C_0 - C_1)A, \quad (7.30)$$

где C_0 и C_1 — оценка природных ресурсов (угодий) до и после проведения защитных мероприятий, руб./га; A — площадь, на которую распространились оздоровительные мероприятия.

Повышение рыбохозяйственного значения водоема находят по формуле

$$\mathcal{E}_3 = \sum_{k=1}^n (C_{k1} - C_{k0}) \omega_k A, \quad (7.31)$$

где $(C_{k1} - C_{k0})$ — экономические показатели k -го вида рыб, изменяющиеся при оздоровлении водоема, руб./ц; ω_k — рыбохозяйственная продуктивность, ц/га.

Качество воды природного источника улучшается в результате осуществления природоохранных мер (регулирования водного стока, ограничения сброса загрязняющих веществ, экономии воды), что позволяет сократить затраты на очистку воды от дополнительных загрязнений. В этом случае годовой экономический эффект

$$\mathcal{E}_2 = (C'_0 - C'_1)V, \quad (7.32)$$

где C'_0 , C'_1 — себестоимость очистки единицы объема природной воды до и после проведения природоохранных мероприятий, руб./м³; V — объем водоема, подвергнувшегося оздоровлению, м³.

Экономический эффект водоохранных мероприятий определяют путем сопоставления водоохранных затрат с затратами, которые предотвращаются благодаря ликвидации или уменьшению загрязнения окружающей среды, а также с целью получения дополнительной продукции (для многоцелевых мероприятий).

Экономический эффект затрат представляет собой отношение экономического эффекта от водоохранных мероприятий к вызвавшим их затратам:

$$\mathcal{E} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij}}{3} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij}}{I_n + E_n K}, \quad (7.33)$$

где $\mathcal{E}_{ij}$ — полный экономический эффект i -го вида ($i = 1, \dots, n$) от предотвращения (уменьшения) потерь на j -м объекте ($j = 1, \dots, m$), находящемся в зоне улучшенного состояния водного объекта; I_n — издержки эксплуатации (годовые эксплуатационные расходы) на обслуживание и содержание основных фондов водоохранного назначения; K — капитальные вложения в строительство этих фондов; E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Эффективность водоохранных затрат определяется величиной минимально необходимых эксплуатационных расходов и капитальных вложений в осуществление природоохранных мероприятий, приведенных к годовой размерности с учетом фактора времени. Этот показатель используют также для выбора экономически наиболее выгодного варианта водоохранных мероприятий в тех случаях, когда сравниваемые варианты обеспечивают достижение одинакового уровня качества функционирования и тождественны по основным социальным и экономическим

ским результатам. Экономически наилучший вариант водоохранных мероприятий выбирают на основе максимизации приносимого экономического эффекта, когда сравниваемые варианты мероприятий неодинаковы по своим социальным и экономическим результатам.

Экономический эффект водоохранных мероприятий определяют также в виде разности между приведенными к годовой размерности экономическими результатами этих мероприятий и затратами на их осуществление.

Экономическая эффективность капитальных вложений в водоохранные мероприятия составляет

$$\mathcal{E} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij} \right) I_{\text{и}}}{K} \quad (7.34)$$

При анализе этот показатель сопоставляется с нормативами и фактически достигнутыми показателями.

Дополнительные показатели эффективности водоохранных затрат:

- показатель отрицательного воздействия хозяйственной деятельности на водные ресурсы

$$\mathcal{E}_{\text{о.в.}} = \Delta B_{\text{о.в.}} / Z, \quad (7.35)$$

где $\Delta B_{\text{о.в.}}$ — показатель снижения величины отрицательного воздействия на окружающую среду;

- показатель улучшения состояния водных ресурсов:

$$\mathcal{E}_{\text{у.с.}} = \Delta B_{\text{у.с.}} / Z, \quad (7.36)$$

где $\Delta B_{\text{у.с.}}$ — показатель улучшения состояния водных ресурсов.

Экономический эффект осуществления водоохранных затрат определяется как общий и хозрасчетный.

Общий эффект, исчисляемый по народному хозяйству, характеризует прирост экономического потенциала водных ресурсов или прирост чистой продукции,

Хозрасчетный эффект характеризует прирост прибыли или снижение себестоимости (экономии среднегодовых затрат).

Критерии минимизации водоохранных затрат или максимизации экономического эффекта водоохранных мероприятий применяются при обосновании структурной схемы осуществления этих мероприятий. Их используют при построении ком-

плексных схем охраны водных ресурсов по территории республики, краев и областей, по отдельным речным бассейнам, городам и промышленным центрам.

Затраты, возникающие в народном хозяйстве в результате загрязнения и истощения водных ресурсов, представляют собой экономический ущерб, который выражается двумя видами затрат.

К первому виду относят **затраты на предупреждение воздействия загрязненной водной среды на реципиентов**. Они определяются величиной расходов, необходимых для предупреждения использования загрязненной воды на технологические и коммунально-бытовые нужды. К числу таких расходов относят затраты на разбавление сточных вод, на применение более сложных, чем при отсутствии загрязнений, способов очистки при водоподготовке, на перенос водозабора или перемещение водопотребителей к более чистым водным источникам, на организацию использования бытовых чистых водоемисточников и т.п., а также затраты на сбор, удаление и захоронение отходов производства и потребления, включая потери от отчуждения земель на организацию мест хранения отходов.

Ко второму виду затрат относят **затраты на возмещение потерь, которые нанесены реципиентам в результате загрязнения водоема**. Такие затраты возникают при загрязнении водных источников — для тех водопотребителей (водопользователей), которые используют загрязненную воду (орошаемое земледелие, водопроводные сооружения и объекты промышленного водоснабжения). Величину этих затрат определяют расходами на компенсацию негативных последствий воздействия загрязнений на людей и различные объекты. Этот вид ущерба определяют как сумму приведенных затрат на медицинское обслуживание и содержание населения, заболевшего вследствие загрязнения окружающей среды; компенсацию потерь чистой продукции из-за снижения производительности труда; дополнительные услуги коммунально-бытового хозяйства в загрязненной среде; компенсацию количественных и качественных потерь продукции из-за снижения продуктивности земельных, лесных и водных ресурсов в загрязненной среде; компенсацию потерь промышленной продукции из-за воздействия загрязнений на основные фонды. В состав этих затрат входят также затраты от вторичного загрязнения (от уничтожения изъятых отходов, их проникновения в окружающую среду в процессе хранения и т. п.).

Экономический эффект от сокращения заболеваемости населения (с частичной или полной утратой трудоспособности) вследствие предотвращения или уменьшения загрязнения водных объектов, проведения других водоохранных мероприятий определяют как предотвращение потерь продукции за время болезни:

$$\mathcal{E}_{y.l} = PN(t_2 - t_1), \quad (7.37)$$

где P — среднее значение чистой продукции, приходящейся на один отработанный чел.-дн., руб.; N — число трудящихся, перенесших заболевания, либо отвлеченных от производства по уходу за больными членами семей, по причинам, вызванным загрязнением окружающей среды в течение года, чел.; t_2, t_1 — среднегодовое число работы одного трудящегося до и после проведения средозащитного мероприятия, чел.-дн.

Сокращение суммы выплат из фондов социального страхования за период временной и постоянной нетрудоспособности рабочим и служащим, заболевшим по причинам, вызванным загрязнением водных объектов:

$$\mathcal{E}_c = N_n P_n(t_2 - t_1), \quad (7.38)$$

где N_n — количество населения, получающего пособия вследствие заболеваний, повлекших временную и постоянную утрату трудоспособности, вызванных ухудшением состояния среды в течение года, чел.; P_n — средний размер пособия по временной нетрудоспособности, приходящегося на один день болезни.

Сокращение затрат в отрасли здравоохранения на лечение трудящихся от болезней, вызванных загрязнением водных объектов,

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{Z}_a N_a t_a - \mathcal{Z}_c N_c t_c, \quad (7.39)$$

где $\mathcal{Z}_a, \mathcal{Z}_c$ — затраты в сфере, приходящиеся на один день лечения, в амбулаторных условиях и в стационарах; N_a, N_c — число больных, лечившихся от заболеваний, вызванных загрязнением среды, чел.; t_a, t_c — среднее число дней болезни одного больного.

Экономический эффект от повышения производительности труда работников в условиях улучшенного уровня водных рекреаций определяют следующим образом:

- общий эффект в материальном производстве — по годовому приросту чистой продукции, а в отраслях непроизводственной сферы — по сокращению затрат на производство работ и услуг;

- хозрасчетный эффект на предприятиях и в объединениях материального производства — по годовичному приросту прибыли;
- в организациях и учреждениях непроизводственных отраслей — по величине экономии затрат на выполнение работ и оказание услуг.

Эффект от повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий (или от предотвращения ее снижения) определяют по разности экономической оценки угодий до и после проведения водоохранных мероприятий:

$$\mathcal{E}_{cx} = (C'_1 - C'_0)A, \quad (7.40)$$

где C'_0, C'_1 — продуктивность сельскохозяйственных угодий до и после проведения мероприятий, руб./га; A — площадь, на которую распространяется действие мероприятия, га.

Хозрасчетный эффект повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий определяют по среднегодовому приросту прибыли (при изменении себестоимости продукции у землепользователя после проведения средозащитного мероприятия):

$$\mathcal{E}_{cx.n} = P_1^c(C - C_1) - P_0^c(C - C_0), \quad (7.41)$$

где P_0^c, P_1^c — средняя многолетняя годовичная продукция с площади, охваченной действием водоохранных мероприятий, до и после его проведения; C — оптовая (закупочная) цена единицы продукции данного вида; C_0, C_1 — себестоимость единицы продукции до и после проведения мероприятия.

Эффект от повышения (или от предупреждения снижения) качества промышленной продукции, продукции рыбного и сельского хозяйства оценивают по годовому приросту чистой прибыли после проведения мероприятия:

$$\mathcal{E}_{k.n} = P_1^n(C_1 - C_1^n) - P_0^n(C_0 - C_0^n), \quad (7.42)$$

где P_0^n, P_1^n — среднегодовой объем продукции соответственно исходного и улучшенного качества, в натуральных единицах; C_0, C_1 — цена единицы продукции соответственно исходного и улучшенного качества, в оптовых ценах предприятия (без налога с оборота); C_0^n, C_1^n — себестоимость единицы продукции улучшенного и неизменного качества.

Эффект от сокращения или предотвращения среднегодовых затрат на дополнительную очистку загрязненных водных ресурсов:

$$\mathcal{E}_b = (C_0^0 - C_1^0)V, \quad (7.43)$$

где C_0^0 , C_1^0 — себестоимость очистки в расчете на единицу ресурсов до и после проведения водоохранных мероприятий, приведенная к годовой размерности; V — объем используемого водного ресурса.

Показатели экономической эффективности водоохранных затрат дополняются показателями их экологической и социальной эффективности. Экологическая эффективность определяется путем внесения величин экологических результатов к вызвавшим их затратам и рассчитывается по разности показателей отрицательного воздействия на водную среду или разности показателей состояния водной среды до и после проведения мероприятий.

Социальный эффект определяет эстетическую ценность природного ландшафта, используемого для занятий спортом и отдыха населения. Уменьшение загрязнения природной среды (воды и воздуха) сохраняет людям здоровье, сберегает флору и фауну рек и озер, поэтому социальные факторы могут быть решающими при обосновании наиболее эффективных мероприятий по охране уникальных природных комплексов.

Социальный эффект водоохранных затрат измеряется отношением показателя социального результата к требующимся для его достижения затратам. Их находят по разности показателей, характеризующих изменения в социальной сфере.

Указанные выше показатели необходимы для определения фактического уровня состояния водных ресурсов и обоснования нормативов укрупненных показателей затрат, а также для установления предельно допустимого уровня загрязнений и изъятия водных ресурсов или формулирования требований, обуславливающих поддержание заданного состояния.

Технико-экономический анализ и выявление оптимального варианта решения выполняют с учетом изменения условий окружающей природной среды; параметров почвенного и растительного покровов, а также характеристик животного мира; экономической оценки изменений природных условий и ресурсов прилегающих территорий; влияния отрицательно воздействующих факторов; водоохранных мероприятий, направленных на сохранение природных систем.

Закономерности изменения в природных условиях оцениваются природными, экологическими, технологическими и экономическими параметрами.

Природный параметр включает сравнение установленных (экологических, климатических, гидрологических, ботанических, почвенных и др.) изменений с постоянной или временной изменчивостью тех же показателей.

Экологический параметр определяет сравнение показателей (скорости ветра, влажности почвы, атмосферных осадков и т.д.) в зависимости от биологической и хозяйственной продуктивности водного объекта, состояния луговой и лесной растительности, прохождения растениями фенологических фаз.

Технологическая оценка предусматривает выявление параметров, характеризующих изменения (с позиций современных и перспективных требований) различных отраслей хозяйств, производств и видов деятельности человека (промышленности, сельского, рыбного, лесного и охотничьего хозяйств, рекреации и т. д.)

Экономическая оценка включает в себя ущерб от снижения (или эффект от повышения) биологической продуктивности водных объектов.

При анализе *водоохранных мер* наряду с технико-экономическими показателями решаемых задач рассматривают показатели экономического развития региона и размер возможного ущерба без проведения намечаемых мероприятий. При этом учитывают:

- положительные и отрицательные воздействия проводимых мероприятий на природную среду;
- экономические и социальные интересы водопотребителей и водопользователей, которые выражаются в эффекте или в ущербе всех заинтересованных и затрагиваемых отраслей или отдельных водопользователей — участников водохозяйственного комплекса;
- технические решения по введению сооружений и мероприятия, обеспечивающие действие элементов ВХК;
- распределение площадей прибрежной зоны и акватории водохранилищ между водопотребителями и водопользователями с учетом показателей заинтересованности и возможности наиболее эффективного использования водно-земельных ресурсов;
- возможность снижения рекреационного потенциала защищаемой территории и акватории.

При подсчете ущерба учитывают:

- изъятие земельных угодий сельскохозяйственного производства;
- ухудшение качества земель в связи с затоплением и подтоплением;

— изменение продуктивности сельскохозяйственных угодий и структуры посевов, плодово-ягодных насаждений, травостоя на сенокосах и пастбищах и трансформацию угодий;

— степень загрязнения водоема сточными водами;

— снижение рекреационного потенциала и другие факторы.

При расчете *показателей экономического развития водохозяйственного комплекса* учитывают:

— возрастающую во времени эффективность земель в связи с повышением их ресурсоотдачи;

— повышение ресурсоотдачи в связи с осуществлением мероприятий по регулированию стока воды на защищаемой территории и улучшение условий очистки сточных вод, сбрасываемых в водный объект;

— получение дополнительной сельскохозяйственной продукции с незатапливаемых земель и в зонах орошаемого земледелия;

— восстановление экологических условий и повышение условия рекреационного потенциала водного объекта.

Примером экономии затрат может служить использование очищенных сточных вод для орошения сельскохозяйственных полей.

Задача обоснования оптимального использования выделяемых средств сводится к сопоставлению дополнительного дохода от водоохранных мероприятий и предотвращенного ущерба с затратами на эти мероприятия:

$$\mathcal{E} = D + \Delta U - Z \rightarrow \max, \quad (7.44)$$

где $\mathcal{E}$ — эффект от водоохранных мероприятий; D — дополнительный годовой доход от сокращения потребления и сброса вод, улучшения деятельности водопользователей, снижения платы за воду и т.д.; ΔU — предотвращенный годовой ущерб от реализации водоохранных мероприятий; Z — приведенные затраты на водоохранные мероприятия.

До настоящего времени при определении эффективности производства ущерб окружающей среде от загрязнения и (или) истощения водных объектов не учитывался. Эффективность (рентабельность), как правило, определялась отношением величины прибыли к издержкам производства. Такой подход верен только в том случае, если производство практически не влияет на окружающую среду. Если же оно является источником антропогенных загрязнений или причиной истощения водных ресурсов, то его эффективность, определенная указанным методом, может быть значительно меньше отрицательного внешнего эффекта

(ущерба, потерь) от загрязнений окружающей среды производством или продуктами производства в процессе их использования.

Ущерб может быть трех видов: экономический, социальный и от потери возможностей. Расчет значений этих ущербов связан с определенными трудностями из-за отсутствия соответствующих исходных данных, расценок и обоснований. Эта задача усложняется еще и тем, что экономический эффект от производства продукции ощущается непосредственно после ее реализации, а ущерб сказывается постепенно или мгновенно (в аварийных ситуациях), когда его невозможно предотвратить.

Уменьшение или предотвращение ущерба может быть достигнуто с помощью как технических, так и социально-экономических мероприятий. Последние включают прежде всего новую, более совершенную систему оплаты за забор и сброс воды, и санкции за нарушение правил водопользования, а также прогрессивное нормирование на основе современных достижений науки и практики, что будет способствовать повышению эффективности использования водных ресурсов и позволит накапливать средства для водоохранных мероприятий, стимулирования рационального хозяйствования. К техническим мероприятиям относят совершенствование технологии производства, направленное на предотвращение или уменьшение сброса сточных вод, максимальное сокращение и утилизацию отходов, внедрение аппаратов воздушного охлаждения, замену систем прямоточного водоснабжения обратными, создание комплексов по очистке сточных вод, улучшение эксплуатации очистных сооружений и т. п.

Многоцелевая эффективность водохозяйственных комплексов. Эффективность сложных водохозяйственных систем связана со всесторонним учетом полезных эффектов и отрицательных последствий. Для поиска оптимального решения природоохранных мероприятий может быть проведен анализ намечаемых в проекте целей. Глобальная цель — обеспечение наилучших условий развития экономики для наиболее полного удовлетворения материальных и духовных запросов людей. Эта цель, к сожалению, не имеет количественной оценки, поэтому ее расчленяют на ряд локальных целей. Набор многих локальных целей поддается ранжировке. Следовательно, можно построить дерево целей в зависимости от важности в достижении главной цели.

Цели высшего ранга обозначим через A_i ($i = 1 \dots n$). Цель второго ранга — через B_{ij} ($i = 1 \dots n$), третьего ранга — C_{ijk} ($k = 1 \dots q$) и т. д.

Важным этапом дальнейшего исследования является *подбор альтернативных вариантов достижения целей*. Это могут быть не только однородные по природе варианты, но и комплексные мероприятия, обеспечивающие достижение нескольких или многих целей.

Определение наиболее эффективного варианта с учетом природоохранных мероприятий требует, по существу, решения такой сложной задачи, как унификация измерений полезных эффектов и негативных последствий (ущербов). Критерий, основанный на расчете приведенных затрат, в данном случае является недостаточным, поскольку применение этого критерия требует обеспечения тождества эффектов и ущербов по всем рассматриваемым вариантам. В практике проектирования такое тождество, как правило, нарушается, особенно по социальным и природоохранным факторам. Необходим более общий метод для оценки достижения совокупности целей: экономической, социальной, охраны и улучшения природы и т. п. Такой метод назван методом **многоцелевой (многокритериальной) оптимизации** и позволяет учесть не только количественные, но и качественные факторы.

Главная цель водохозяйственной системы — обеспечение потребностей в воде, электроэнергетической — в электроэнергии. Эти цели должны достигаться во всех вариантах, но, кроме того, каждый из них должен удовлетворять и целому ряду других требований, например, иметь наименьшие затраты, обеспечивать лучшие социальные условия, меньшую загрязненность атмосферы и т. д.

Состав целей определяется конкретными условиями строительства и эксплуатации данной системы. Одной из целей, которая в ряде случаев может быть главной, является минимизация приведенных затрат. Кроме того, перед водохозяйственными системами ставятся цели по обеспечению надежности и бесперебойности снабжения водой, качества воды, санитарных и рекреационных условий охраны и улучшения природы и т. п.

Получить одновременно максимальный эффект по всем целям невозможно вследствие противоречивого их характера. Надо стремиться к наибольшему комплексному эффекту, т. е. наилучшему сочетанию показателей эффективности по всей совокупности целей. Это условие является основой метода многоцелевой (многокритериальной) оптимизации. Показатель многоцелевой эффективности можно представить в следующем виде:

$$E_k = \sum_{i=1}^n \alpha_i e_{ki}, \quad (7.45)$$

где E_k — интегральный показатель многоцелевой (многокритериальной) эффективности варианта k -й системы; α_i — коэффициент весомости или оценка значимости цели i ; e_{ki} — оценка эффективности варианта k в отношении обеспечения цели i .

Коэффициент весомости определяют в долях единицы: $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$.

Оценка эффекта e_{ki} является безразмерной величиной и ее характеризует индекс достижения цели. Численное увеличение свидетельствует об улучшении решения и наоборот. Наилучшим будет вариант, имеющий максимальное значение. Для идеального варианта, в котором полностью удовлетворяются все цели, $E_k = 1$. Для реальных вариантов $E_k < 1$. Наибольшее значение величины E_k определяет оптимальный вариант использования водных ресурсов, в котором наиболее полно удовлетворяется совокупность поставленных целей. Критерий многоцелевой (многокритериальной) оптимальности может быть записан виде $E_k \rightarrow \max$.

На область определения функции оптимальности накладывают ограничения по условиям заданного водо- и электропотребления, допустимым параметрам отдельных водохозяйственных или энергетических объектов и т. п. Для варианта k значение e_{ki} определяется сравнением степени достижения цели i с максимальным или минимальным его значением.

В простейшем случае для минимальных показателей расчетных затрат $e_{kz} = Z_{\min}/Z_k$, а для максимальных показателей качества воды $e_{ke} = \epsilon_k/\epsilon_{\max}$, где $Z_{\min}$ — расчетные затраты для варианта с их минимальным значением; $\epsilon_{\max}$ — показатель качества воды для варианта с его максимальным значением; k — символ, который обозначает соответствующие значения для варианта k .

При большом числе вариантов для повышения точности расчетов e_{ki} определяют по разности предельных значений соответствующих показателей, например

$$e_{kz} = (Z_{\max} - Z_k)/(Z_{\max} - Z_{\min}); e_{ke} = (\epsilon_k - \epsilon_{\min})/(\epsilon_{\max} - \epsilon_{\min}) \quad (7.46)$$

Имеются и другие более сложные способы определения e_{ki} или $\alpha_i e_{ki}$. Значения коэффициентов весомости α_i , т. е. оценку значимости целей, находят экспертным путем.

Процедура анализа. Процедура технико-экономического анализа при решении любых задач проектирования многофункциональных систем включает ряд последовательных типовых этапов. Рассмотрим эти этапы на примере задач проектирования водохозяйственного комплекса многоцелевого назначения.

Первый этап — постановка задачи и уточнение целей, поставленных перед водохозяйственной системой. Эффективность капитальных вложений в создание комплекса оценивают по достигнутому результату и снижению уровня ущербов от возможных перебоев работы системы. Поэтому принимаемую в проекте систему обосновывают экономически с учетом будущей эксплуатации. Общая цель обоснования любого проектного решения всегда одна: отыскание наиболее рационального и комплексного использования ограниченных водных ресурсов и повышение эффективности общественного труда.

Конкретные же цели анализа могут быть весьма разнообразными, например: обоснование целесообразного соотношения между параметрами в системе водоснабжения и водоотведения; определение оптимального соотношения подач оборотной и свежей воды; выбор оптимального режима подачи воды для работы элементов системы водоснабжения и водоотведения; обеспечение снижения потребности в воде и др.

На втором этапе намечают возможные варианты проектного оформления, отличающиеся способами достижения поставленной задачи.

В настоящее время действуют нормативные документы, устанавливающие допустимый уровень водообеспечения для создания необходимых условий технологического процесса, требуемую степень очистки стоков и т. п., которые должны предусматриваться на стадии проектирования системы. Варианты проектных решений, разрабатываемые в соответствии с требованиями норм, оценивают экономически, сравнивая по минимуму приведенных затрат.

В случае обоснования характеристик технических решений основных элементов системы устанавливают число альтернативных вариантов с изменяющимися параметрами (например, для системы водоснабжения: производительность подачи водопитателя, вместимость водоисточников, пропускная способность систем подачи и распределения воды и др.). На этом этапе анализа используют метод сравнительной оценки экономической эффективности капитальных вложений с учетом эксплуатационных расходов и затрат на возмещение ущербов.

Вариантный анализ дает возможность выбрать из конкурирующих вариантов наиболее рациональный.

Третий этап — наиболее ответственный. Это установление критерия оптимизации параметров, с помощью которого можно найти наибольший эффект от вложения средств или же необходимый их минимум для достижения поставленной цели. Этот критерий учитывает капитальные затраты, эксплуатационные расходы и затраты на возмещение потерь от возможных ущербов. В то же время он должен допускать возможность сравнения приведенных затрат в зависимости от изменения уровня качества функционирования водохозяйственного комплекса.

Задача проектировщика заключается в установлении признаков, по которым отдается предпочтение тому или иному решению. Критерий оптимизации в данном случае должен представлять собой соотношение между ожидаемым полезным эффектом (результатом) решения и связанными с ним затратами. Когда рассматриваемые варианты проектного решения имеют равноценный ожидаемый полезный эффект, в качестве критерия может быть использован экономический эффект, определяемый по приведенным затратам. В остальных случаях предпочтительность проектных решений не может оцениваться с помощью этого критерия, поскольку последний не учитывает ожидаемый результат, который будет достигнут за наименьшую плату. Точно так же недостаточным будет такой критерий, который оценивает решение, обещающее наибольший полезный эффект. Трудно предположить единую методику выбора критериев, удовлетворяющих все встречающиеся на практике ситуации.

При проектировании сложных систем водообеспечения часто приходится использовать различные показатели выходного (полезного) эффекта и затрат, которые должны входить в единый критерий, удовлетворяющий условиям иерархической структуры. Сведение многокритериальных задач к однокритериальной заключается в выборе коэффициентов, определяющих относительную важность частных показателей эффективности.

Четвертый этап состоит в определении затрат на основании сметно-финансовых расчетов, эксплуатационных расходов и возможных ущербов, а также других характеристик, входящих в экономико-математическую модель оптимизации. Этот этап анализа представляет собой расчетно-творческий процесс, для выполнения которого наиболее целесообразно применение вычислительной техники.

Пятый этап содержит математические операции построения экономико-математической модели и ее решение. При проектировании приходится находить решения, обеспечивающие экстремальные значения критерия эффективности. Эти задачи решают с применением специальных методов оптимизации. Наиболее часто в практике проектирования систем водохозяйственного комплекса используют метод перебора вариантов (слепой поиск), суть которого сводится к сравнению по выбранному критерию технических решений, отличающихся различным сочетанием основных элементов. В ряде случаев для решения указанных задач используют методы математического (предельного) анализа, с помощью которых функцию эффективности выражают в зависимости от искомых переменных с последующим дифференцированием функции и приравниванием производных нулю после соответствующего анализа на экстремум.

В последнее время для решения многомерных экстремальных задач (при наличии ограничений на области изменения переменных) применяют методы математического программирования. В наибольшей степени разработаны методы линейного программирования, предусматривающие нахождение экстремума линейных целевых функций.

Следует отметить, что зависимости полезного эффекта и затрат от параметров элементов проектных решений системы водоснабжения, как правило, нелинейны, что требует использования специальных методов нелинейного программирования, реализация которых возможна с помощью электронно-вычислительных машин.

Шестой этап представляет собой процедуру решения задачи и отыскания оптимального варианта на основе построенной экономико-математической модели, анализа полученных результатов и разработки рекомендаций.

В проектном задании целесообразно приводить не один вариант проектного решения системы, а несколько лучших (близких к оптимальному) с указанием затрат на каждый из них. Это дает возможность более детально рассмотреть варианты в процессе выбора окончательного решения и учесть возможности технического исполнения и социально-экономические соображения.

Оптимизация параметров замкнутой системы водного хозяйства. В основу методики оптимизации параметров системы положен количественный критерий, учитывающий комплексный показатель качества функционирования, слагаемые которого по-

мимо технологических учитывают экологические, социологические параметры, а также затраты на возведение сооружений и эксплуатацию системы.

Технологические параметры характеризуют способность системы обеспечивать бесперебойно водой требуемого качества все объекты промышленного комплекса, отводить сточные воды после надлежащей их очистки и извлекать из них полезную продукцию.

Экологические параметры характеризуют эффективность природоохранных мер, предусматриваемых при возведении системы и направленных на снижение отрицательного воздействия на природу и улучшение ее состояния.

Социологические параметры характеризуют эффективность инженерных и организационно-технических мероприятий, направленных на повышение жизненного уровня населения, прирост национального дохода и т. п. Важным этапом в решении этой задачи является отыскание эффективного варианта решения из числа альтернативных вариантов достижения поставленной цели.

В соответствии с действующей терминологией эффективность решения в данном случае представлена в виде продукции, которая рассматривается как материализованный результат процесса трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами, полученный в определенном месте за определенный интервал времени, предназначенный для использования потребителями в целях удовлетворения их потребностей. Количественной характеристикой степени достижения цели при проектировании является полезный результат, представляющий собой полное или частичное достижение определенных технологических, экономических, экологических, социальных целей, поставленных перед системой водного хозяйства. Например, в результате совершенствования технологического оборудования можно уменьшить или полностью устранить подачу свежей воды для производственных целей и тем самым уменьшить материальный ущерб от недопустимого изъятия свежей воды. В этом случае достигается экономическая и экологическая цели. Оснащение промышленного комплекса безотходной системой водного хозяйства, обеспечивающей локальную ликвидацию загрязнений и их утилизацию, а также исключаяющей токсическое воздействие на людей, дает социологический эффект.

К затратам отнесены расходы материальных, трудовых и природных ресурсов, а также потери от отрицательных эффектов. При оценке эффективности системы водоснабжения и водоотведения учитываются капитальные вложения на возведение элементов системы, издержки эксплуатации и потери, обусловленные ущербом от воздействия промышленных стоков, образующихся в результате низкой эффективности системы очистки сточных вод.

Система водного хозяйства обладает сложными свойствами, которые характеризуются комплексным показателем качества функционирования

$$\Phi = \varphi \left(\sum_{i=1}^n A_i \alpha_i; \sum_{j=1}^m B_j \beta_j; \sum_{l=1}^L C_l \right), \quad (7.47)$$

где A_i — параметр, характеризующий качество функционирования i -го элемента; α_i — коэффициент весомости i -го элемента, выраженный в долях единицы, $\sum \alpha_i = 1$; B_j — параметр, характеризующий влияние j -го фактора внешней среды; β_j — коэффициент весомости j -го фактора внешней среды; C_l — параметр первой составляющей приведенных затрат.

Проектирование рациональной системы основано на количественных методах оптимизации параметров. При этом устанавливают такие значения параметров и такое изменение их во времени, при которых достигается максимально возможная эффективность. Математическая модель оптимизации включает целевую функцию и ограничения. Целевая функция представляет собой максимум полезного результата на единицу затрат — минимум экономических затрат. Эту зависимость можно представить в виде

$$Ц = \Phi / Z \rightarrow \max, \quad (7.48)$$

где Φ — полезный результат, характеризуемый комплексным показателем качества функционирования; Z — приведенные затраты.

Для решения задачи необходимо количественно оценивать технологические характеристики системы; эффект от эксплуатации; затраты на разработку, строительство и эксплуатацию; потери от ненадежности водообеспечения; ущербы от загрязнения водоема и др.

Полезный результат и затраты оценивают в виде технических единиц измерения (производительность системы водоснабжения, расход сточных вод, дебит водоисточника и т.п.); денежных единиц; условных единиц (баллы, коэффициенты весомости, индексы, шкалы полезности). В результате анализа выявляются наиболее весомые при достижении поставленных целей факторы, параметры которых определяют слагаемые комплексного показателя качества функционирования.

Основные слагаемые комплексного показателя качества функционирования водохозяйственного комплекса промышленного узла приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3. Слагаемые комплексного показателя качества функционирования

Цель (эффект)	Наименование	Коэффициент весомости	Весомость
Водоснабжение	Обеспеченность водой $Q_{с.п}/Q_{\Phi}$	0,25	0,5
	Качество очистки M/M_{Φ}	0,25	
	Техническое совершенство $Q_{об}/Q_{с.п}$	0,25	
	Надежность P, τ, T	0,25	
Водоотведение и очистка сточных вод	Самоочищающая способность водоема $Q_{к}/Q_{\Phi}$	0,2	0,3
	Степень загрязнения сточных вод $C_{\Phi}/ПДК$	0,3	
	Эффективность очистки $M_{к}/M_{\Phi}$	0,4	
	Извлечение ценной продукции стоков δ/δ_0	0,1	
Экологический	Защитные меры по охране: земли (леса) A/A_0	0,2	0,1
	воздуха V/V_0	0,2	
	воды Ω/Ω_0	0,2	
	Предотвращенный ущерб Y/Y_0	0,4	
Социологический	Урожайность P^c/P_0^c	0,2	0,1
	Продуктивность P^u/P_0^u	0,2	
	Рекреация P/P_0	0,2	
	Производительность P/P_0	0,2	
	Перевозки P^u/P_0^u	0,2	
Экономический	$Z = 0,15K + И$	—	—

Примечание. $Q_{с.п}$ и Q_{Φ} — расход свежей воды для нужд водохозяйственного комплекса и гарантированный расход в водоисточнике; M и M_{Φ} — интегральный показатель качества воды, требуемой для объекта, и исходной воды в водоисточнике; $Q_{об}$ — расход воды, повторно используемой в производстве; P, τ, T — показатель надежности, учитывающий кратность безотказной работы, время восстановления, срок службы; $Q_{к}$ — расход сточных вод; C_{Φ} и ПДК — фактическая концентрация загрязнений в сточных водах и предельно допустимая концентрация; $M_{к}$ и M_{Φ} — общая масса годового сброса загрязнений и допустимая масса

сброса загрязнений; δ и δ_0 — общая масса извлеченной ценной продукции и масса обязательного извлечения продукции при очистке; A и A_0 — площадь земли (леса), вовлеченная в комплекс при отсутствии защитных мер и при их реализации; V и V_0 — объем воздушного пространства, вовлеченного в комплекс при отсутствии защитных мер и при их реализации; Ω и Ω_0 — площадь акватории, вовлеченная в комплекс при отсутствии защитных мер и при их реализации; U и U_0 — ущерб от загрязнения водоема при отсутствии защитных мер и при их реализации; P^c, P^u, P, P, P^u — урожайность сельскохозяйственных угодий, продуктивность водных объектов, рекреационная ценность территории, производительность и перевозка водного транспорта при отсутствии водохозяйственных мероприятий; $P_0^c, P_0^u, P_0, P_0, P_0^u$ — то же, при реализации водохозяйственных мероприятий.

Интегральный индекс достижения i -и цели:

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^n \alpha_j \beta_j, \quad (7.49)$$

где α_i — коэффициент весомости при достижении i -й цели (эффекта); β_j — индекс i -го параметра. Например, $Q_1 = Q_{с.в1}/Q_{ф1}$; $Q_2 = Q_{с.в2}/Q_{ф2}$; $\beta_1 = Q_2/Q_1$.

Комплексный показатель качества функционирования системы:

$$\Phi = \sum_{j=1}^m \gamma_j \Phi_j, \quad (7.50)$$

где γ_j — весомость j -й цели в решении поставленной задачи; на пример, для водоснабжения $\gamma_j = 0,5$ (см. табл. 7.3); Φ_j — интегральный индекс достижения j -й цели.

Численное увеличение индекса свидетельствует об улучшении свойства. Наилучшим с точки зрения достижения цели будет вариант, имеющий максимальное значение Φ_j .

Оптимизация параметров при проектировании системы заключается в установлении таких значений этих параметров и такого изменения их во времени, при которых достигается максимальный экономический эффект.

Процедура технико-экономического анализа при этом включает следующие этапы:

- постановку задачи и уточнение цели;
- разработку альтернативных вариантов, отличающихся способами достижения поставленной задачи;
- установление критерия оптимизации, представляющего собой соотношение между полезным эффектом, который оце-

нивается комплексным показателем качества функционирования, и приведенными затратами;

- расчет капитальных вложений, эксплуатационных расходов и возможных последствий от ущербов; экономико-математическое моделирование и разработку алгоритмов решения;

- отыскание оптимального варианта технического решения системы на основе анализа полученных результатов.

Основные технико-экономические показатели заносят в таблицу, форма которой представлена в табл. 7.4.

Таблица 7.4. Технико-экономические показатели водохозяйственного комплекса промышленного узла

Наименование	Варианты	
	базовый	предполагаемый
Водоснабжение Расход свежей воды, м ³ /с Коэффициент совершенствования системы Приведенные затраты, руб./год Себестоимость хозяйственно-питьевой воды, руб./м ³		
Водоотведение и очистка сточных вод Расход воды, м ³ /с Степень очистки сточных вод Приведенные затраты, руб./год Себестоимость водоотведения очистки сточных вод, руб./м ³		
Экология Загрязнение окружающей среды, т: зсмли леса воды Ущерб, руб./год		
Социология Урожайность, руб./год Продуктивность, руб./год Рекреация, балл Приведенные затраты, руб./год		
Комплексный показатель качества функционирования Общие приведенные затраты, руб./год Экономический эффект, руб./год		

Повторное использование производственных и городских сточных вод и поверхностного стока позволяет существенно сократить потребление свежей воды промышленностью.

Основными направлениями повторного использования производственных сточных вод являются создание и совершенствование

вание внутритехнологических оборотных систем, очистка общезаводского потока сточных вод и последующее их использование в охлаждающих системах.

Для выбора экономически выгодного варианта решения и определения оптимальных параметров системы используют экономико-математические модели элементов систем водообеспечения промышленных предприятий. Целевую функцию системы водообеспечения с очисткой сточных вод до заданного уровня очистки и повторном их использовании в технологических процессах записывают в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^J \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^{N_i} \sum_{l=1}^{N_j} n_{ij} \{Q_{ij}; c_{ni}; c_{nj}\} \rightarrow \min, \quad (7.51)$$

где J — количество источников водоснабжения; j — количество потребителей воды; c_n — концентрации n -го вида примеси в технологическом процессе потребителя; Q — расход воды.

На основании этой модели можно найти оптимальное распределение потоков сточных вод, удовлетворяющих условию минимума суммарных приведенных затрат на подготовку, очистку и транспортировку воды. Принятый критерий оптимизации должен учитывать ограничения, которые определяются местными условиями (например, наличие территории для размещения очистных сооружений, возможность использования отходов производства для очистки и обработки воды, надежность системы и т. д.).

Методика оптимизации требует сложных математических описаний множества процессов, протекающих в системе водного хозяйства промышленного предприятия. Распространенным приемом определения оптимума при сравнении альтернативных вариантов является графический метод поиска экстремума.

Экономическая целесообразность повторного использования сточных вод в системах промышленного водоснабжения выявляется путем сопоставления затрат на возведение этих сооружений с затратами, предусмотренными на возведение комплекса очистки и сбросом сточных вод в водные объекты. Расчеты ВНИИ «ВОДГЕО» свидетельствуют об экономической эффективности применения систем повторного использования сточных вод. Для городских сточных вод удельные приведенные затраты для варианта со сбросом в 2...2,5 раза выше, чем для их подготовки к использованию в системах промышленного водоснабжения.

Обобщение опыта использования воды в промышленности и оценка водных ресурсов страны показали, что для решения поставленных перед промышленностью задач необходимо совершенствовать системы промышленного водопользования и более широко использовать очищенные производственные, поверхностные и городские воды.

7.9. РАСЧЕТ ПЛАТЫ ЗА ВОДУ

Формой финансового контроля государства экономического стимулирования мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану водных ресурсов, является плата за воду. Она входит в себестоимость продукции промышленных предприятий. Тарифы определены с учетом основных затрат водохозяйственных систем и с учетом рентабельности их основных фондов.

Плата за воду способствует повышению эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятий с учетом факторов охраны окружающей среды. Кроме решения актуальной задачи — создания хозрасчетных взаимоотношений между предприятиями, связанными с водным хозяйством, — плата за пользование водой позволит накапливать средства для реализации их в водоохранных целях.

Предложены различные методы определения цен на воду. Общим во всех случаях платы за воду является то, что материальную основу составляют фактические эксплуатационные издержки водохозяйственных систем. Однако методы расчета платы и принципы ее взимания еще не унифицированы.

В РФ установлены официальные тарифы на воду, забираемую промышленными объектами из водохозяйственных систем. Плата за воду вносится промышленными предприятиями (объединениями) всех отраслей экономики в доход государственного бюджета. Плата за воду, забираемую из водохозяйственных систем, не взимается с предприятий и организаций жилищно-коммунального хозяйства и бытового обслуживания населения (независимо от их ведомственной подчиненности). Коммунальные водопроводы, забирающие воду из водохозяйственных систем и снабжающие ею промышленные предприятия, вносят плату за воду, подаваемую для нужд промышленных предприятий. На указанную сумму соответственно увеличиваются платежи промышленных предприятий коммунальному хозяйству.

Тарифы на воду установлены за 1 м^3 потребляемой воды. Оплате подлежит весь объем забираемой воды. При потреблении воды промышленным предприятием в пределах лимита плата за воду взимается по тарифу, установленному для данной водохозяйственной системы. За сверхлимитный забор воды плата за воду взимается в пятикратном размере. При заборе воды предприятиями теплоэнергетики, использующими воду на нужды охлаждений агрегатов (возвратное водопотребление), применяются два вида тарифов: за водопотребление в пределах лимита забора воды плата производится по тарифу, составляющему 30% тарифа; за сверхлимитный забор воды плата производится по тарифу, установленному для данной водохозяйственной системы.

Реализацию платы за воду в промышленности следует рассматривать как важный шаг в экономическом стимулировании рационального использования водных ресурсов. Взимание платы за воду, используемую в промышленном производстве, в определенной мере стимулирует соблюдение норм водопотребления, предотвращает расточительное использование воды, снижает потери, вызванные бесконтрольным ее потреблением. Плата учитывает водохозяйственные затраты, наиболее легко поддающиеся калькуляции. В водоизбыточных районах, где потенциальные возможности источников используются лишь частично, такой подход вполне оправдан.

Охрана водных ресурсов от загрязнения пока слабо стимулируется экономическими методами. Недостаточно разработана система тарифов за сброс сточных вод в водоотводящую сеть в зависимости от характера и степени загрязнения водных ресурсов.

Целесообразен учет следующих видов оплаты:

— за очистку стоков на центральных или районных очистных сооружениях;

— за сброс недостаточно очищенных сточных вод в реки и водоемы маловодных, густонаселенных промышленных районов, где проводятся мероприятия по охране водных ресурсов;

— за сброс недостаточно очищенных сточных вод в реки, водоемы и моря с использованием их самоочищающей способности.

Например, тариф за очистку стоков на очистных сооружениях определяют по формуле

$$Ц = И + \chi(l + l_1) + l_2 k P^{\Phi} \pm Л, \quad (7.52)$$

где $И$ — издержки эксплуатации при очистке стоков; χ — оплата труда; l_1 — норма чистого дохода, пропорциональная оплате тру-

да; l_2 — норма чистого дохода, пропорциональная основным и оборотным производственным фондам; k — коэффициент, учитывающий эффективность фондов; P^{Φ} — производственные фонды; $Л$ — надбавки к тарифу или льготы за улучшение экономических параметров работы очистных сооружений.

Надбавку за различие загрязненности сточных вод, поступающих на очистные сооружения, рассчитывают следующим образом:

$$Л_1 = 0,01 \alpha_1 (k_2 - 1) P^{\Phi} + \delta k_2, \quad (7.53)$$

где α_1 — средняя норма амортизации, %; k_2 — коэффициент превышения средней степени загрязненности поступающих на очистку сточных вод; P^{Φ} — фондоемкость очистки сточных вод; δ — дополнительные затраты на реагенты.

Надбавку за неравномерность поступления сточных вод на очистные сооружения рассчитывают по формуле

$$Л_2 = P^{\Phi} l_2 k_2 (1 + \alpha_2), \quad (7.54)$$

где k_2 — коэффициент часовой неравномерности поступления сточных вод; α_2 — средняя норма амортизационных отчислений с учетом дополнительных производственных фондов, %.

Для районов, где уже в настоящее время наблюдается дефицит воды, размер оплаты за сброс неочищенных сточных вод вычисляют по формуле

$$Ц = [И + \chi(1 + l_1) + l_2 k P^{\Phi}] Q_p, \quad (7.55)$$

где Q_p — количество свежей воды, идущей для разбавления сточных вод до допустимой концентрации.

Затраты на водообеспечение рассчитывают в основном двумя методами. Первый метод учитывает затраты только на забор, подъем и транспортировку воды от источников к потребителю, а также на очистку и отведение сточных вод. Второй метод кроме перечисленных затрат дополнительно учитывает затраты на мероприятия по регулированию водотока для разбавления недостаточно очищенных сточных вод. Однако эти методы не учитывают дефицита водных ресурсов, характерного для отдельных водохозяйственных систем и бассейнов.

Затраты на водообеспечение $З_b$ находят по формуле

$$З_b = З_{bc} + Э_0, \quad (7.56)$$

где $З_{bc}$ — затраты на водоснабжение, очистку и отведение сточных вод; $Э_0$ — экономическая оценка воды в бассейне.

Критерием природного ресурса следует считать приносимый этим ресурсом совокупный экономический эффект, а показателем эффекта — выигрыш от использования водного ресурса. Экономической оценкой $\mathcal{E}_0$ служит экономический выигрыш от эксплуатации ресурса при определенных замыкающих затратах, характеризующих увеличение продукции, получаемой при использовании ресурса.

При сбросе недостаточно очищенных сточных вод затраты по формуле (7.54) должны учитывать убытки отраслей, использующих воду этого бассейна. При определении ущербов должны быть учтены не только прямые потери в отраслях экономики, но и косвенные, вызванные социальными факторами и изменениями в экологической системе.

ГЛАВА 8

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В современных условиях водопользования рациональное использование и охрана водных ресурсов невозможны без гибкой и динамичной системы управления водным хозяйством.

В РФ создана система специальных уполномоченных органов по регулированию использования вод и их охране от загрязнения и истощения, которые возглавляют отрасль науки и техники по учету, изучению, использованию и охране водных ресурсов.

8.1. ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОД

Комплексное использование водных ресурсов в народном хозяйстве страны в современных условиях не может быть обеспечено без их всестороннего государственного учета и изучения. Необходимо точно знать, где и в каком объеме требуются водные ресурсы, каков объем возвратных вод, а также то количество воды, на которое можно рассчитывать в каждом рассматриваемом районе. Запасы водных ресурсов в различных речных бассейнах определяют в результате постоянных гидрологических наблюдений, а также теоретических и экспериментальных исследований в области гидрологии, гидравлики расчетов комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Надежная работа любого водохозяйственного объекта зависит от правильности предполагаемых изменений объема стока, качества и других характеристик водных ресурсов. Большая часть использованной в технологических процессах воды (на охлаждение, промывку и т. п.) возвращается в водные объекты сильно загрязненной или с повышенной температурой. Кроме

того, активная хозяйственная деятельность людей на обширных территориях речных бассейнов, связанная с вырубкой лесных массивов, осушением земель, использованием поверхностных вод, приводит к загрязнению, засорению и истощению водных ресурсов.

В РФ управление использования и охраны водных объектов возложено на специально уполномоченный государственный орган.

С 1997 г. эти функции возложены на Министерство природных ресурсов Российской Федерации (МПР РФ) — федеральный орган исполнительной власти, проводящий государственную политику и осуществляющий управление в сфере изучения, использования, воспроизводства, охраны природных ресурсов, охраны окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности, а также координирующий в случаях, установленных законодательством РФ, деятельность в этой сфере иных федеральных органов исполнительной власти; оно является специальным уполномоченным государственным органом управления и охраны водного фонда.

Основные задачи МПР РФ:

- координация деятельности федеральных органов исполнительной власти в сфере изучения, воспроизводства, использования, а также охраны природных ресурсов; управление и обеспечение государственного контроля в области использования и охраны водных объектов;
- обеспечение потребности населения и объектов экономики в водных ресурсах на основе рационального использования, охраны и восстановления водных объектов;
- регулирование бассейнового и комплексного использования водных ресурсов;
- подготовка и организация осуществления противопаводковых мероприятий;
- предупреждение и ликвидация последствий вредного воздействия вод;
- организация эксплуатации и строительства водохранилищ и других водохозяйственных объектов комплексного назначения;
- ведение мониторинга водных объектов;
- контроль в установленном порядке за целевым использованием средств, направляемых на восстановление и охрану водных объектов;

— организация и обеспечение контроля за использованием водопользователями лицензий и недопущение самовольного пользования водными объектами;

— разработка проектов государственных целевых программ по рациональному использованию и охране водных объектов, водообеспечению населения и объектов экономики, а также государственных программ по предупреждению и ликвидации вредного воздействия вод и участие в разработке государственных прогнозов социально-экономического развития Российской Федерации;

— установление лимитов водопользования (водопотребления и водоотведения) по водным объектам, отнесенным к федеральной собственности;

— оформление, выдача и регистрация лицензий на водопользование;

— регистрация договоров на пользование водными объектами;

— согласование места размещения объектов и производства всех видов работ на водных объектах и их водоохраных зонах;

— согласование предоставления водных объектов для вылова (добычи) водных биоресурсов при осуществлении промышленного рыболовства, а также при организации любительского и спортивного рыболовства;

— обеспечение составления водохозяйственных балансов и разработок схем комплексного использования и охраны водных ресурсов;

— организация межрегионального распределения и перераспределения водных ресурсов, находящихся в федеральной собственности на основе утвержденных программ, прогнозов и водохозяйственных балансов;

— организация эксплуатации водохранилищ и водохозяйственных систем комплексного назначения и осуществление надзора за безопасной эксплуатацией гидротехнических сооружений водохранилищ, накопителей сточных вод и других жидких отходов;

— обеспечение осуществления мероприятий по восстановлению и охране водных объектов, установлению водоохраных зон;

— осуществление ведения государственного учета поверхностных и подземных вод и ведения государственного водного кадастра.

В МПР РФ работает общественный совет ученых, общественных деятелей, представителей народных депутатов, руководителей предприятий для обеспечения всестороннего, глубокого обсуждения крупных водохозяйственных проблем и выработке рекомендаций по их решению.

8.2. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УЧЕТ И ВОДНЫЙ КАДАСТР

Все водопользователи в РФ ведут учет потребляемых и сбрасываемых вод по количественным и качественным показателям, представляя статистическую отчетность в соответствующие организации.

Основная задача государственного учета вод и их использования состоит в установлении количества и качества вод, составляющих единый государственный водный фонд, и данных об использовании их для нужд населения и народного хозяйства. Этот учет включает измерение и первичный учет количества и качества поверхностных и подземных водных ресурсов, количества забираемых и сбрасываемых вод, обобщение и выдачу потребителям данных первичного учета. Создана специальная автоматизированная информационная система по разработке методов объективного анализа данных первичного учета и выдаче их потребителям в автоматическом режиме.

Основные задачи системы государственного учета использования водных ресурсов сводятся к следующему. Отдельные водопользователи осуществляют первичный учет водопотребления и водоотведения. Результаты учета представляют в виде отчетов по установленной форме в местные специально уполномоченные органы по регулированию использования и охране вод, которые располагают вычислительными центрами и имеют возможность проводить контроль за правильностью ведения отчетности. После необходимых обобщений по речным бассейнам министерствам (ведомствам), отраслям народного хозяйства, субъектам Федерации данные передают в головной вычислительный центр, где обобщают отчетность в целом по стране. Такая организация учета и использования вод значительно упрощает обработку данных, улучшает анализ использования водных ресурсов и способствует более рациональному планированию водопотребления и водоотведения.

Государственный учет вод и их использование являются важнейшим звеном текущего и перспективного прогнозирования и рационального использования водных ресурсов. Он осуществляется за счет государства по единому общегосударственному принципу.

Государственный водный кадастр (ГВК) представляет собой систематизированный постоянно пополняемый и при необходимости уточняемый свод сведений о водных объектах (состав-

ляющих единый государственный водный фонд), водных ресурсах, режиме, качестве и использовании вод, а также о водопользователях.

Первый водный кадастр был издан в 1933—1940 гг. Государственным гидрологическим институтом. Он включал материалы по режиму рек РФ, сведения об уровнях воды, о водных ресурсах отдельных районов.

Современный ГВК включает данные учета вод по количественным и качественным показателям, регистрации водопользования, а также данные учета использования вод. Основная задача ГВК — обеспечение народного хозяйства необходимыми данными о водных объектах, водных ресурсах, режиме, качестве и использовании вод, а также о водопользователях.

В соответствии с видами водных объектов и распределением обязанностей по изучению и использованию вод ГВК включает следующие три раздела: 1 — поверхностные воды; 2 — подземные воды; 3 — использование вод.

Данные ГВК издаются по территории субъектов Федерации бассейнов рек, озер, а по разделу подземных вод, кроме того, — по гидрогеологическим регионам. Для систематического обновления и пополнения Государственного водного кадастра в РФ создана специальная автоматизированная информационная система.

Информационный банк данных государственного учета вод и их использования положен в основу ведения государственного водного кадастра, который включает сведения о водных ресурсах, данные учета использования вод. Его систематически пополняют и уточняют сведениями о водных объектах, составляющих единый государственный фонд, о качестве использования вод, о водопользователях. Источником сведений служат общегосударственные данные государственного мониторинга водных объектов о реках, озерах, водохранилищах, головных сооружениях каналов и др.

Для ведения Государственного водного кадастра создана специальная автоматизированная информационная система, состоящая из трех отраслевых подсистем — поверхностные воды, подземные воды, использование вод и трех функциональных подсистем — подготовка информации, обработка информации и доведение информации до потребителя.

8.3. СХЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ПРОГРАММЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Решение комплексных водохозяйственных проблем немислимо без длительных исследований, разработки и сравнения альтернативных вариантов технических решений. Рассмотрение их должно базироваться на глубоком анализе технико-экономических данных, а также на прогнозе возможных изменений природных условий. Однако эти изменения не должны вызывать нарушение равновесия природных факторов существующего до создания того или иного водохозяйственного комплекса. Они должны обеспечивать создание природных условий с учетом интересов развития общества.

Все изложенное свидетельствует о необходимости координации использования и охраны водных ресурсов, **для чего в нашей стране разрабатываются генеральные схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов (СКИОВР)**. Такой подход к решению проблемы дает возможность:

- оценить поверхностные и подземные водные ресурсы применительно к отдельным речным бассейнам и территориям субъектов Федерации, при этом выявить и учесть влияние хозяйственной деятельности человека на режим водных источников;

- определить основные требования к количеству и качеству воды различных отраслей народного хозяйства для различных 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 сокращения, увязать запросы отдельных водопотребителей между собой и выделить наиболее эффективные и экономичные связи повторного использования воды, в соответствии с этим наметить перспективы развития различных отраслей народного хозяйства;

- разработать водохозяйственные балансы и выделить районы, испытывающие наибольший дефицит в воде по этапам времени;

- наметить первоочередные водохозяйственные объекты, обеспечивающие развитие экономики без осуществления сложных мероприятий по перераспределению стока между отдельными речными бассейнами, распределить капитальные вложения, необходимые для выполнения плана водохозяйственного строительства, дать

экономическую оценку эффективности всего комплекса мероприятий, на основе водохозяйственных балансов;

- выработать предложения по оптимальному размещению промышленных объектов, транспортных узлов, мелиорируемых сельскохозяйственных площадей, определить основные меры по охране водотоков и водоемов от их истощения, загрязнения и засорения;

- разработать эффективные сооружения по очистке и обеззараживанию сточных промышленных и коммунальных вод;

- оценить изменения природных условий в тех районах и областях, где намечается проведение крупных водохозяйственных мероприятий;

- обосновать характер и объемы необходимых проектно-исследовательских и научно-исследовательских работ и определить состав их исполнителей.

СКИОВР — фундаментальные документы в области управления использованием и охраной водных объектов, служат основой для разработки федеральных и территориальных программ восстановления, использования и охраны водных объектов, установления порядка использования, распоряжения и владения водными объектами, а также установления лимитов водопользования субъектам РФ, выдачи лицензий на водопользование, нормирования в области использования и охраны водных объектов для всех видов водопользования, подготовки бассейновых соглашений, формирования и расходования целевых бюджетных фондов восстановления и охраны водных объектов.

СКИОВР содержит систематизированные материалы исследований и проектных разработок о состоянии водных ресурсов и перспективном использовании и охране водных объектов. В нем определяют водохозяйственные и другие мероприятия, предназначенные для удовлетворения перспективных потребностей общества в водных ресурсах, обеспечения рационального использования и охраны водных объектов, а также для предотвращения и ликвидации вредного воздействия вод.

СКИОВР разрабатывается на основе положений Водного кодекса Российской Федерации, программных документов Правительства РФ по социально-экономическому развитию страны и охране окружающей среды, имеющихся фондовых материалов данных государственного учета природных ресурсов, проектных разработок, научных исследований и других материалов с учетом федеральных и региональных целевых программ социального развития, развития экономики, охраны природы, использования и охраны водных ресурсов.

Намечаемые в схемах комплексного использования и охраны вод мероприятия обеспечивают наиболее эффективные для народного хозяйства использование вод (с учетом первоочередного удовлетворения потребностей в воде населения) путем регулирования стока рек, экономного расходования воды и прекращения сброса неочищенных сточных вод на основе совершенствования технологии производства и схем водоснабжения, применение маловодных и безводных технологических процессов, оборотного водоснабжения, воздушного и испарительного охлаждения других технических приемов.

Для прогнозирования и осуществления рационального использования, восстановления и охраны водных объектов на основе водохозяйственных балансов, схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, данных государственного водного кадастра разрабатываются федеральные государственные, в том числе бассейновые, территориальные государственные программы.

Государственная водная политика проводится на основе СКИОВР и водохозяйственных балансов, которые были разработаны в 1975—1990 гг. для 77 речных бассейнов. Эти документы являлись базовыми для разработки и реализации до 2002 г. федеральных целевых программ: «Возрождение Волги», «Обеспечение населения России питьевой водой», «Каспий», «Обь», «Коренное улучшение водохозяйственной и экологической обстановки в бассейне реки Томи», «Противоаварийные мероприятия», «Безопасность гидротехнических сооружений», территориальных водохозяйственных программ и водохозяйственных разделов программ социально-экономического развития ряда субъектов РФ.

Бассейновые и территориальные программы комплексного использования и охраны водных объектов позволяют находить наиболее эффективные решения местных водохозяйственных задач.

Из существующих противоречий между социальными потребностями общества и нуждами природы к наиболее сложным следует отнести вопросы комплексного использования и охраны водных объектов от загрязнения. В деле охраны природы медленно используются научно-технические достижения, в проекты строительства новых и реконструкции действующих предприятий все еще закладываются устаревшие решения, слабо внедряются безотходные и малоотходные технологические процессы, при переработке полезных ископаемых часть добытой массы идет в отходы, загрязняя окружающую среду.

Уровень загрязнения целого ряда рек, озер и водохранилищ по-прежнему остается высоким — Оби, Иртыша, Камы, Дона и отдельных участков Волги. Многие необходимо сделать для улучшения качества воды таких озер, как Байкал и Ладожское. Особого внимания требует гидрологический режим малых рек.

Очевидно, для решения этих и аналогичных экологических проблем необходимы решительные меры экономического, правового и воспитательного характера, ускорение экологизации науки, а также пересмотра принятых ранее хозяйственных решений.

Финансовая возможность выполнения постановления Правительства РФ от 13 сентября 1996 г. № 1097 «О порядке разработки, согласования, государственной экспертизы, утверждения и реализации схем комплексного использования и охраны водных ресурсов» и приказа МПР России от 9 июня 1997 г. № 96 «О разработке схем комплексного использования и охраны водных ресурсов в 1997—1998 годах» появилась в 2000 г. Позитивную роль в этом сыграло принятие Федерального закона от 6 мая 1998 г. № 71-ФЗ «О плате за пользование водными объектами» и нормативных правовых документов по его реализации.

В настоящее время для разработки СКИОВР используются Методические указания о составе, содержании, порядке разработки, согласования, утверждения и уточнения схем комплексного использования и охраны водных ресурсов (ИВН 33-5.1.07—87), утвержденные Министерством милиорации и водного хозяйства СССР в 1987 г.

Для создания стройной системы предпроектной документации СКИОВР следует разрабатывать по двум основным направлениям:

- Общая федеральную схему (СКИОВР РФ);
- Федеральные бассейновые СКИОВР.

При разработке СКИОВР на первом этапе следует разработать **Общую федеральную схему комплексного использования и охраны водных ресурсов РФ**, рассматривающую территорию страны в целом и разрабатываемую в разрезе бассейнов водных объектов и субъектов РФ.

Результаты этапа ее разработки — «Государственная стратегия использования, восстановления и охраны водных объектов России» («Государственная стратегия»), определившая основные проблемы использования водного фонда и принципиальные направления их решения с учетом сложившейся ситуации в стране. Этот документ был одобрен на водохозяйственной секции НТС МПР России 22 января 2002 г.

На втором этапе разрабатываются **Основные положения СКИОВР РФ**, в которых детализируются и конкретизируются принципы, изложенные в «Государственной стратегии». Основные положения включают в себя анализ современного состояния использования и охраны водных ресурсов России, предварительные показатели развития водохозяйственного комплекса и ориентировочный водохозяйственный и экологический прогноз на период до 2010 г. Они рассматривают основные показатели водохозяйственной обстановки в стране в разрезе регионов и отдельных субъектов РФ, а также бассейнов основных рек.

На третьем этапе разрабатывается непосредственно СКИОВР Российской Федерации, в которой будут рассмотрены общие направления водохозяйственной политики в бассейнах крупных рек России, в том числе и по субъектам РФ, а также определены приоритеты. Важно отметить, что третий этап работ может проводиться только после утверждения нового варианта Методических указаний по составлению схем комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Федеральные бассейновые схемы разрабатываются в целях обеспечения рационального использования и охраны вод в бассейнах водных объектов, определения мероприятий для удовлетворения потребностей населения и отраслей экономики в воде, обеспечения безопасности гидротехнических сооружений, а также для предотвращения и ликвидации вредного воздействия вод. Примером схем комплексного использования и охраны вод являются схемы по бассейнам рек Иртыш, Кубань, Терек, Северная Двина, Лена.

В особую группу можно выделить СКИОВР для трансграничных водных объектов, разрабатываемых в соответствии с международными договорами РФ. Так, например, в соответствии с Федеральным законом «Об охране озера Байкал», решением Совещания уполномоченных Правительств Российской Федерации и Монголии по вопросам совместной разработки СКИОВР бассейна р. Селенги и увязке с Комплексной схемой охраны и рационального использования природных ресурсов Байкальской природной территории, в рамках подпрограммы «Охрана озера Байкал и Байкальской природной территории» Федеральной целевой программы «Экология и природные ресурсы России (2002—2010 гг.)» с 2002 г. разрабатывается СКИОВР по бассейну р. Селенги. Она призвана содействовать успешному решению трансграничных проблем как инструмента современного про-

граммно-целевого планирования и реализации принципов устойчивого развития Байкальской природной территории.

При разработке схем комплексного использования и охраны водных ресурсов и госпрограмм рассматриваются **поверхностные водные ресурсы и подземные источники**, которые оцениваются следующими показателями:

- нормой стока, среднегодовыми расходами воды;
- коэффициентами изменчивости среднегодовых расходов;
- среднегодовыми расходами воды с обеспеченностью 75 и 95 %;
- внутригодовым распределением стока (%) по месяцам для среднего и маловодного года;
- испарением с водной поверхности в различные по водности годы;
- испарением с поверхности суши;
- наименьшим значением среднемесячных расходов (обеспеченностью 75 и 95 %) для оросительного сезона и осенне-зимнего периода.

При анализе гидрологического режима поверхностной воды используют данные о ее качестве и степени загрязнения на начальный и конечный периоды прогнозирования. При этом учитывают загрязнение не только промышленными и коммунальными сточными водами, но и от вымывания минеральных удобрений с сельскохозяйственных территорий.

Для полной оценки количества и качества подземных вод устанавливают их связь с поверхностными водами. Важно знать эксплуатационные ресурсы подземных вод в зависимости от интенсивности их использования и степени влияния на них речного стока.

В районах, испытывающих значительный дефицит воды, должны быть оценены запасы минерализованных подземных вод и установлена возможность их деминерализации и применения для ряда водопользователей. В частности, опреснение становится экономически целесообразным при необходимости транспортировки воды на расстояние свыше 350 км и суточном объеме водопотребления более 1 млн м³. Некоторая потребность в воде может 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.

В разделе «Запросы различных водопотребителей в современных условиях и на перспективу» 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.

Весьма важно установить нормы водопотребления и дать прогноз их изменения в зависимости от совершенствования технологии производства и развития благоустройства городов. При этом следует предусматривать отдельные системы для подачи питьевой воды и воды для других нужд.

При решении вопросов водоотведения учитывают данные:

- обеспеченности водоотводящими системами 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 прогнозируемая численность населения и соответствующие нормы питания.

Развитие орошения связано с изъятием больших объемов воды, значительную долю которых составляют безвозвратные потери. Поэтому надлежит предусмотреть максимальное использование орошаемых земель, что в равной степени относится и к осушенным площадям; особое внимание уделить научному обоснованию поливных норм, с тем чтобы обеспечить получение высоких и устойчивых урожаев при экономном расходовании воды; модернизировать системы орошения дождеванием, а также внедрять системы подпочвенного и капельного орошения; учитывать возможность использования возвратных вод, а иногда подземных пресных и с различной степенью минерализации.

Перспективные площади обводнения, намеченные для интенсивного развития скотоводства, должны устанавливаться с учетом кормовой базы в естественных условиях без дополнительного увлажнения пастбищ. Это позволит сэкономить водные ресурсы, часть которых в последующем возможно использовать для орошения пастбищ и лугов.

Гидроэнергетическое строительство следует прогнозировать на основе проработок по выявлению экономических гидроэнергоресурсов в бассейнах различных рек. Первоочередными в данном случае следует рассматривать гидростанции, возможно, с меньшими площадями водохранилищ. Гидроэнергетика в дальнейшем сохранит свою роль в комплексном использовании водных ресурсов, обусловленную значительной долей средств, вкладываемых в строительство комплексного гидроузла, и короткими сроками окупаемости гидростанций. При ограниченности водных ресурсов все большую роль будут играть гидроаккумулирующие электростанции.

Развитие водного транспорта обусловлено противоречащими интересами других участников водохозяйственного комплекса, приводящими к ограничению темпов роста протяженности внутренних водных путей. Следует учитывать загрязнение водно-транспортных путей судовыми отработанными нефтепродуктами, а также интенсивное развитие железнодорожного и автомобильного транспорта, успешно конкурирующих с перевозками водным путем. Подобные ограничения 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 планируются с учетом устройства рыбопропускных сооружений гидроузлов, а также создания целенаправленного рыбоводства в естественных и искусственных водоемах. Особое внимание при этом уделяется предохранению водоемов от загрязнения. Целесообразен переход к искусственному рыборазведению.

Наиболее сложным разделом схем (программ) является проблема обеспечения надлежащего качества воды в поверхностных и подземных источниках и охрана их от загрязнения. В соответствии с этим при разработке схем рассматривают следующие факторы: современное санитарное состояние водных источников; эффективность очистки сточных вод и характеристика эксплуатируемых очистных сооружений; тенденция изменения качества воды при развитии водного хозяйства с учетом и внедрением наиболее эффективных способов борьбы с загрязнением; оценка убытков, вызываемых загрязнением вод; мероприятия по сокращению и предотвращению дальнейшего загрязнения водных ресурсов.

При рассмотрении указанных вопросов принимается во внимание самоочищающая способность водоемов и водотоков, недостаточный учет этого фактора может привести к переоценке

возможностей отводящей способности и обеспечения должного качества воды в отдельных водоемах и водотоках.

Наряду с решением задач рационального использования водных ресурсов разрабатываются мероприятия по охране водных ресурсов от загрязнения, а также вопросы вредного воздействия вод, которые включают в себя такие элементы, как установление районов вредного воздействия воды на природную среду и объекты хозяйственной деятельности человека; оценку объемов и стоимости причиняемых ущербов; проектирование мероприятий по устранению и уменьшению вредного воздействия вод.

8.4. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ БАЛАНСЫ

Водохозяйственным балансом (ВХБ) называют соотношение между наличием водных ресурсов и их потреблением в пределах одного или нескольких речных бассейнов. Водохозяйственный баланс закладывается в основу разработки комплексных водохозяйственных систем, позволяет оценивать эффективность отдельных решений проблемы, увязывать и корректировать эти решения для достижения оптимального использования водных ресурсов.

С ростом водопотребления растет и роль водохозяйственных балансов речных бассейнов, экономических регионов и др. В настоящее время в водном хозяйстве различают четыре вида ВХБ — отчетные, оперативные, на ближайший прогноз (плановые) и дальний прогноз (перспективные).

Отчетные ВХБ отражают уже достигнутую степень использования водных ресурсов. Они раскрывают зависимость между поступлением и расходованием воды за отчетный период и служат для анализа роста водопотребления в отдельных районах страны, условий его обеспечения, эффективности работы существующих водохозяйственных систем, целесообразности использования водных ресурсов и выявления возможностей более рационального расходования воды.

Оперативные ВХБ разрабатывают на текущий год или предстоящий сезон для особенно напряженных по водопотреблению речных бассейнов или их частей в целях наиболее эффективного распределения ожидаемых водных ресурсов между отдельными объектами или отраслями народного хозяйства.

ВХБ на ближайшую перспективу (плановые) разрабатывают с учетом государственных прогнозов развития народного хозяйства. Они включают перечень и объем водохозяйственных меро-

приятий, необходимых для выполнения прогнозов (планов) развития народного хозяйства.

ВХБ на дальние прогнозы (перспективные) составляют на перспективу развития народного хозяйства для правильного учета и оценки влияния водного фактора на размещение и развитие производительных сил, определения видов, характера и объема опережающих мероприятий, необходимых для водообеспечения народного хозяйства в отдаленном будущем и обоснования долгосрочных планов научно-исследовательских и проектно-исследовательских работ (табл. 8.1).

Все виды ВХБ включают оценку прихода и расхода воды; сопоставление этих частей баланса между собой и получение его результирующей части; анализ результирующей части и разработку необходимых рекомендаций.

В состав приходной части ВХБ включают речные воды (с выявлением регулирующей роли водохранилищ); подземные воды, использование которых не ведет к снижению речного стока; возвратные воды, поступающие в реку выше исследуемых створов (коллекторно-дренажные, шахтные, сточные и др.).

В состав расходной части ВХБ включают последовательно вдоль водотока все потребности в воде населения, промышленности, сельского и рыбного хозяйств, гидроэнергетики, водного транспорта, все расходы, необходимые для сохранения рек как элементов природного ландшафта, поддержания в них благоприятного гидрохимического и гидробиологического режимов и др.

При составлении ВХБ учитывают физико-географические условия района, взаимосвязи между поверхностными и подземными водами и их нестабильность, качество воды по отдельным участкам, антропогенное влияние на водные ресурсы и экономические особенности района или речного бассейна, предъявляющие свои специфические требования к методам оценки водных ресурсов и потребностей в воде. Поэтому правильное составление ВХБ — весьма сложная работа, требующая обобщения гидрологических, водохозяйственных и технико-экономических исследований и расчетов.

Водохозяйственные балансы составляют для каждого экономического района или речного бассейна. При этом решаются следующие вопросы:

оцениваются количественная и качественная стороны поверхностных и подземных источников;

выявляются требования различных водопользователей и устанавливаются безвозвратные потери воды;

Таблица 8.1. Водохозяйственный баланс на долгосрочный прогноз (перспективный) условного речного бассейна на 15 лет, км³

Годы	Вид безвозвратного потребления												
	Водные ресурсы с учетом подземных вод и многолетнего регулирования стока												
	Средний год	Зарегулированный сток с обеспеченностью		Коммунальное хозяйство	Промышленность	Теплоэнергетика	Орошаемое земледелие при обеспеченности		Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение	Рыбное хозяйство	Испарение с поверхности водоема		
		75 %	95 %				75 %	95 %					
1-й	28,4	22,0	15,7	0,2	0,35	0,11	3,05	2,44	0,12	0,08	2,3		
5-й	28,4	22,0	15,7	0,2	0,58	0,26	4,30	3,44	0,42	0,20	2,3		
10-й	28,4	22,0	15,7	0,3	0,82	0,37	6,39	5,11	0,55	0,31	2,4		
15-й	28,4	22,0	15,7	0,4	1,01	0,45	8,25	6,60	0,61	0,61	2,4		
Суммарное безвозвратное водопотребление при обеспеченности						Попуски		Суммарное водопотребление с попусками при обеспеченности				Баланс	
75 %		95 %		Средний год	При обеспеченности		75 %	95 %	Средний год	При обеспеченности			
1-й	6,21	5,60	22,5	22,5	12,0	28,71	17,60	-0,31	-1,90	-6,71	-1,90		
5-й	8,26	7,40	22,0	22,0	11,5	39,26	18,90	-1,86	-3,20	-8,26	-3,20		
10-й	11,14	8,86	16,2	16,2	7,5	27,34	17,36	+1,08	-1,66	-5,34	-1,66		
15-й	11,46	11,81	16,2	16,2	7,5	28,66	19,31	-1,26	-3,60	-7,66	-3,60		

определяются объемы воды, которые могут быть предоставлены водопользователям в естественных условиях, а также при проведении дополнительных мероприятий по регулированию стока; устанавливаются 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 производят 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.

Водохозяйственные балансы составляют обычно для рек или их участков, в пределах которых предполагается возведение водохозяйственных комплексов. На всем протяжении реки происходит перераспределение воды между отдельными водопользователями, поэтому расположенный ниже по реке водопользователь использует сток, перераспределенный верхними водохранилищами, а также воду из притоков, впадающих ниже этих водохранилищ. В связи с этим 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. Следует увязать между собой гидрологические и гидравлические характеристики на участке реки, для которого составляется водохозяйственный баланс.

Вопросы регулирования стока водохранилищами и объемами воды, используемыми в различных целях, решаются на основе вероятностных методов, учитывающих сочетание лет различной водности.

В водохозяйственных балансах не выделяют 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. Их можно учитывать 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. Все эти резервы при разработке водохозяйственных балансов должны рассматриваться самостоятельно.

В водохозяйственном прогнозировании существуют два взаимосвязанных определения. Это так называемые расчетная обеспеченность P и гарантированная отдача.

Под расчетной обеспеченностью подразумевают вероятное число лет в процентах от общего числа лет всего расчетного периода, когда обеспечена гарантированная водоотдача. Расчетная обеспеченность является одной из главных исходных величин при разработке водохозяйственных балансов. Чем выше ее значение, тем устойчивее и надежнее функционирование водохозяйственного комплекса.

От расчетной обеспеченности зависят высота плотин, расход насосных станций, мощность гидроэлектростанций, 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 или перебоям подачи воды или энергии соответствующим предприятиям, что сопровождается ростом материального ущерба.

Расчетная обеспеченность определяется в условиях неопределенности с учетом экономической оценки народнохозяйственного ущерба, вызываемого сокращением подачи воды. При определении этой величины обычно исходят из некоторых данных практики, в частности рекомендуются следующие значения расчетной обеспеченности, %:

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.

При разработке водохозяйственных балансов необходимы данные о безвозвратных потерях и их изменении в зависимости от времени и совершенствования системы промышленного и сельскохозяйственного производства. Это дает возможность прогнозировать развитие систем оборотного и последовательного использования воды в промышленности, намечать меры по сокращению оросительных норм или направленные на экономию воды.

Водохозяйственные балансы связываются с прогнозами размещения производительных сил, в особенности в маловодных районах. При дефиците воды заменяют участников водохозяйственного комплекса (например, вместо выработки энергии на гидроэлектростанциях переходят к тепловым или атомным электростанциям, водный транспорт заменяют железнодорожным или автомобильным, сильно влаголюбивые культуры — менее влаголюбивыми). При оценке эффективности использования воды устанавливаются не только размеры водопотребления и безвозвратных потерь, но и данные о степени влияния на них различных видов водопользования.

Сточные воды сбрасываются в водоемы и водотоки после требуемой 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 либо соответствующим образом разбавляться свежей водой. В случае невозможности повторного использования их включают в объем безвозвратных потерь.

При разработке ВХБ предусматриваются все возможные меры к сокращению безвозвратных потерь воды (внедрение систем оборотного и последовательного использования воды, экономия воды, сокращение оросительных норм и др.). В случае дефицита воды рекомендуется исключать отдельные участки водохозяйственного комплекса и размещать их в районах, богатых водными ресурсами.

Анализ ВХБ позволяет оценить возможности района или речного бассейна в отношении водоснабжения как в течение ближайшего года, так в перспективе.

8.5. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ БАЛАНСЫ НА ДАЛЬНИЕ ПРОГНОЗЫ. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОСТАВЛЕНИЯ ВХБ

ВХБ на дальние прогнозы составляют из условия развития народного хозяйства с учетом влияния водного фактора на размещение и развитие производительных сил и обоснования дол-

госрочных планов на проектно-изыскательские работы. Расходные составляющие водохозяйственного баланса для экономического района показаны на рис. 8.1.

Для упрощения рассмотрим составляющие к правобережной части территории:

общий расход воды Q_1 , потребляемой отраслями народного хозяйства; общий возвратный расход воды Q_2 , сбрасываемой в реку после использования; часть возвратного расхода воды Q_3 , которая могла быть использована повторно в районе 1; этот расход представляется как $Q_3 = \alpha Q_2$, где $\alpha = 0,1 \dots 0,5$; наименьший допустимый расход Q_4 в реке по требованиям санитарии, судоходства, отдыха и для разбавления сточных вод; требуемый минимальный расход воды Q_5 на рассматриваемом участке реки в маловодный год с обеспеченностью 95 %:

$$Q_5 = Q_1 - Q_3 + Q_4; \quad (8.1)$$

общие потери воды на речном участке в пределах района 1:

$$Q_6 = Q_1 - Q_2. \quad (8.2)$$

Приходная часть водохозяйственного баланса (водные ресурсы) в пределах рассматриваемого района состоит из ряда составляющих.

Поступление воды на данную территорию

$$V_1 = V_1' - V_1'' + V_1''' \quad (8.3)$$

где V_1' — естественный приток поверхностных и подземных вод с соседних водосборов; V_1'' — возвратные воды с вышерасположен-

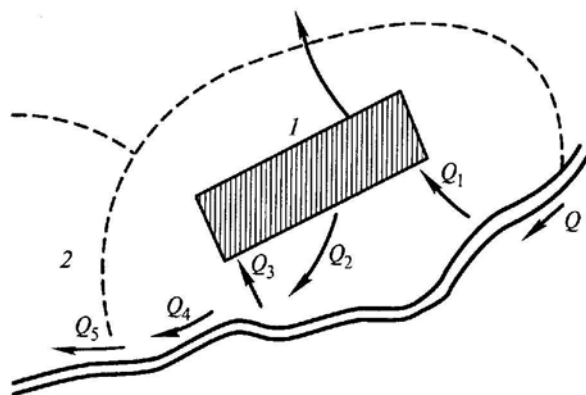


Рис. 8.1. Составляющие водохозяйственного баланса:

1, 2 — районы, для которых разрабатываются водохозяйственные балансы; $Q-Q_5$ — расходы

нах участков; V_1''' — поверхностный и подземный стоки, формируемые в границах собственного водосбора; V_1''' — переброска воды из соседних речных бассейнов.

При прогнозировании использования водных ресурсов учитывается их регулирование за счет использования объема водохранилищ, расположенных в границах рассматриваемого района:

$$V_2 = V_2' - V_2'' + V_2''' \quad (8.4)$$

где V_2' — «сработка» водохранилищ; V_2'' — наполнение водохранилищ; V_2''' — потери воды на фильтрацию и испарение.

Общий объем зарегулированного стока, который может быть предоставлен всем водопользователям данного района, составляет:

$$V_3 = V_1 - Q_2. \quad (8.5)$$

Расход воды в русле реки, который будет поступать в ниже-расположенный район 2,

$$V_4 = V_3 - Q_6. \quad (8.6)$$

Избыток располагаемого стока сверхнаименьшего допустимого расхода в реке (исходя из вышеизложенных требований),

$$V_5 = V_4 - Q_4. \quad (8.7)$$

Рассмотрим составление водохозяйственного баланса для района, расположенного в бассейне одной из рек. Основными водопользователями в нем являются водоснабжение промышленности и населения, тепловые электростанции, орошение, судоходство, здравоохранение. Водные ресурсы речного бассейна достаточны для удовлетворения внутренних нужд водопользователей без переброски воды из бассейнов соседних рек.

Расчеты выполнены для маловодного года (с обеспеченностью 95 %), при этом расходная и приходная части водохозяйственного баланса представлены в млн m^3 за каждый месяц (табл. 8.2). Все составляющие водохозяйственного баланса соответствуют принятым обозначениям.

Из табл. 8.2 видно, что в осенне-зимние месяцы избыток стока, который можно использовать в дальнейшем для различных хозяйственных нужд, крайне незначителен. Поэтому в перспективе потребуется перераспределение стока, что можно осуществить за счет создания дополнительных водохранилищ.

Таблица 8.2. Водохозяйственный баланс района 1 для маловодного года с обеспеченностью 95 % (в млн м³)

Составляющие водохозяйственного баланса	Месяцы												Всего
	Ян- варь	Фев- раль	Март	Апр- ель	Май	Июнь	Июль	Ав- густ	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Но- ябрь	Де- кабрь	
1. Расходная часть													
Общий потребляемый расход	25	25	25	40	70	130	140	140	70	50	25	25	790
Общий возвратный расход, поступающий обратно в реку	18	18	18	18	32	65	70	70	35	22	18	18	402
Часть возвратного расхода, используемого повторно	10	10	10	10	20	40	42	42	21	11	10	10	236
Наименьший допускаемый расход в реке	20	20	20	30	40	70	70	50	50	50	40	30	490
Требуемый минимальный расход с обес- печенностью 95 %	35	35	35	60	90	160	168	148	99	89	55	45	1019
Безвозвратные потери воды	7	7	7	22	38	65	70	70	35	28	7	7	363
2. Приходная часть													
Поступление воды на данную территорию	55	50	50	110	340	750	320	150	140	130	70	60	2225
Регулирование стока:													
сработка водохранилищ	20	25	25	—	—	—	—	50	30	10	20	20	200
наполнение водохранилищ	—	—	—	45	160	140	—	—	—	—	—	—	345
потери на фильтрацию и испарение	1	1	1	1	8	18	20	20	8	1	1	1	81
объем воды, получаемый за счет ис- пользования водохранилищ	19	24	24	46	168	158	20	30	22	9	19	19	558
Общий объем зарегулированного стока	36	26	26	64	172	592	300	120	118	121	51	41	1667
Расход реки, поступающий в район 2	29	19	19	42	134	527	230	50	83	93	44	34	1304
Избыток располагаемого стока сверх ми- нимума	9	—1	—1	12	94	457	160	0	33	4	4	4	775

Водохозяйственный балансовый анализ производится на трех уровнях: в целом по стране (по обобщенным показателям); по отдельным водопотребителям и водопользователям (орошение, водоснабжение, гидроэнергетика и т. п.); по отдельным водохозяйственным районам.

Анализ выявляет требования к количеству, качеству и срокам использования воды. Для определения этих показателей в рамках рассматриваемого региона устанавливаются состав водопотребителей и их размещение на территории бассейна, масштабы развития водопотребителей, нормы водопотребления и ожидаемые тенденции их изменения. Водохозяйственные балансы составляются отдельно по подземным и поверхностным водам.

Положительный баланс достигается при условии

$$Q_3 - Q_n > 0, \quad (8.8)$$

где Q_3 — эксплуатационные запасы или естественные ресурсы подземных вод; Q_n — суммарный отбор подземных вод.

При отрицательном балансе рассматривают возможности компенсации недостающего объема их за счет увеличения забора поверхностных вод, искусственного восполнения и обогащения подземных вод. Водохозяйственные балансы по подземным водам составляют на несколько лет.

Водохозяйственный баланс поверхностных вод составляют для каждого участка реки при 50 %-ной обеспеченности, а также за год, месяц и сезон для средnezасушливых (75; 80; 85 % обеспеченности) и остроzасушливых (95 % обеспеченности) лет при заданных уровнях развития народного хозяйства.

Водохозяйственный баланс поверхностных вод:

$$B = C - \Delta C - \Psi - C_t + \Delta V, \quad (8.9)$$

где B — итог водохозяйственного баланса; C — сток с рассматриваемой территории; ΔC — сток, формирующийся на участке; Ψ — потребление воды на участке

$$\Psi = Q_p + \Delta Q_p - q, \quad (8.10)$$

Q_p — суммарный отбор воды из реки для водопотребителей и подачи на другие участки территории; ΔQ_p — уменьшение речного стока за счет отбора подземных вод; q — промышленные, коммунально-бытовые, дренажные и другие сточные воды, которые поступают в реку на участке и могут быть использованы повторно; C_t — требуемый транзитный сток в замыкающем участке створа в интересах

санитарии, судоходства, отдыха, рыбного хозяйства и разбавления сточных вод; ΔV — наполнение (—) или сработка (+) водохранилищ.

Графическая интерпретация водохозяйственного баланса поверхностных вод представлена на рис. 8.2

Ресурсы поверхностных вод в водохозяйственном балансе учитывают как объем годового стока и его внутригодовое распределение. Приходная часть представляет собой естественные водные ресурсы, использование которых экономически целесообразно на данном этапе развития производительных сил общества. Расходная часть включает потребности в воде всех водопотребителей (использующих водные ресурсы с изъятием воды из источников) и водопользователей (без изъятия воды из источников). Соотношение между приходной и расходной частями водных ресурсов представляет результат баланса.

В практической деятельности возможны различные соотношения между расходной и приходной частями водных ресурсов. Водные ресурсы достаточны в том случае, когда их распределение во времени во всех точках территорий может обеспечить водопотребление с учетом необходимых транзитных попусков, т. е. $B > 0$. В этом случае нет дефицита воды и возможно развитие потенциала народного хозяйства в данном регионе.

При $B < 0$ отмечается дефицит ресурсов воды, который можно устранить путем регулирования стока или его перераспределением.

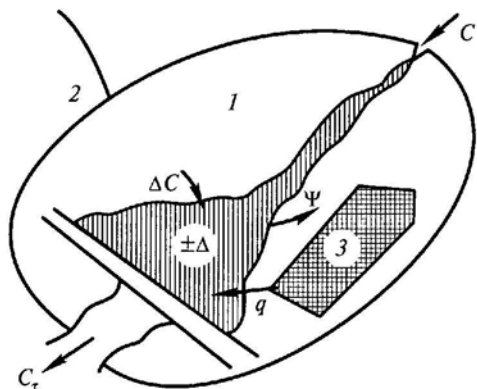


Рис. 8.2. Графическая интерпретация водохозяйственного баланса:

1, 2 — районы водохозяйственного баланса; 3 — отрасли народного хозяйства; C — сток с рассматриваемой территории; ΔC — сток, формирующийся на участке; Ψ — потребление воды на участке; q — промышленные, коммунально-бытовые, дренажные и другие сточные воды, которые поступают в реку на участке и могут быть использованы повторно; C_t — требуемый транзитный сток в замыкающем участке створа в интересах санитарии, судоходства, отдыха, рыбного хозяйства и разбавления сточных вод; $\pm \Delta$ — наполнение (—) или сработка (+) водохранилищ

Если баланс отрицателен (для 95 %-ной обеспеченности по поверхностному стоку), то в некоторых случаях допускается сокращение подачи воды менее ответственным потребителям. В этом случае потребление воды на участке:

$$\Psi' = k_1 Q_p + \Delta Q_p - k_2 q; \quad (8.11)$$

$$C' = k_3 C_t,$$

где k_1, k_2, k_3 — понижающие коэффициенты, равные 0,8...1.

Ограничения разрешается вводить для систем водяного орошения сельскохозяйственных культур, речного транспорта, гидроэнергетики и рыбного хозяйства. При этом необходимо технико-экономическое обоснование с учетом ущербов от сокращения подачи воды.

Для водных балансов используют результаты натурных наблюдений за атмосферными осадками, речным и подземным стоками, испарением и транспирацией. На территории РФ работают гидрологические посты и станции, на основе информации которых изучают динамику стока. Для составления водных балансов используют также данные метеослужбы и дождемерных постов.

Сопоставление потребностей народного хозяйства в воде с ресурсами речного стока показывает, что в целом по стране водные ресурсы превышают водопотребление с учетом сохранения в реках минимального стока, необходимого для обеспечения требования охраны водных ресурсов, запросов рыбного хозяйства, судоходства и других водопользователей. В маловодные годы в некоторых районах южной зоны страны отмечается напряженный водохозяйственный баланс.

В ряде случаев водохозяйственные балансы составляют с учетом качества воды. Обеспечение участников водохозяйственного комплекса водой требуемого качества и в достаточном количестве представляет большие трудности, поскольку требования различных отраслей хозяйства к качеству воды различны и зачастую противоречивы.

8.6 ОТЧЕТНЫЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ БАЛАНСЫ. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОСТАВЛЕНИЯ ВХБ

Водохозяйственные балансы, оценивающие наличие и степень использования водных ресурсов, предназначены для научно обоснованного прогнозирования использования и распре-

ления вод. Их применяют при разработке схем комплексного использования и охраны вод и в текущей деятельности по регулированию использования и охране вод.

Отчетные водохозяйственные балансы (ОВХБ) разрабатывают в целях анализа фактического использования водных ресурсов, контроля за ходом выполнения прогнозов развития водного хозяйства и для получения материалов, необходимых для выбора площадок под строительство новых объектов, выдачи лицензий на специальное водопользование, корректировки графиков проведения мероприятий по регулированию, рациональному использованию и охране вод в процессе текущей водохозяйственной деятельности. Отчетные ВХБ составляются по данным за прошедший период, учитывающий исходную информацию и время для ее обработки.

Особенностью отчетных водохозяйственных балансов является возможность разработки нескольких вариантов в представлении расходной и приходной частей.

Отчетные водохозяйственные балансы составляются для варианта B_I , оценивающего соотношения между естественными ресурсами заданной обеспеченности и фактическими потребностями в воде, для варианта B_{II} , оценивающего соотношения между фактическими ресурсами данного года и фактическими потребностями в воде. При этом наряду с количественными характеристиками определяются показатели качественного состояния воды, ее пригодность для водопользования.

Выводы анализа ОВХБ должны учитываться при подготовке и корректировке строительных, проектно-изыскательских и научно-исследовательских планов и программ в области водного хозяйства рассматриваемой территории. Эти материалы используют при освещении состояния водного хозяйства в прогнозных проектных документах. При составлении балансов учитывают утвержденные схемы комплексного использования и охраны вод.

Расчетные створы и участки для составления балансов рассматривают в границах речных бассейнов последовательно «сверху вниз». Результаты баланса по верхнему участку используются для составления баланса для нижерасположенного участка. Балансы в границах административных и экономических районов устанавливаются сводкой или выборкой данных по балансам, входящих в эти районы (или включающих их) речных бассейнов.

При анализе ОВХБ по стране в целом рассматривают бассейны только крупных рек. При анализе ОВХБ по экономическим районам — бассейны средних рек (притоков крупных рек или самостоятельно впадающих в море рек) и участки крупных рек.

Расчетные створы (разделение речных бассейнов и их частей на участки) для составления ОВХБ принимают в соответствии с перечнем расчетных створов, участков и подучастков речных бассейнов, принятых кадастровой информацией, и данных по учету вод и их использованию. Дополнительные створы выбирают с учетом сложившегося характера использования водных ресурсов, размещения основных водопотребителей, расположения водохранилищ, створов впадения крупных притоков, пересечения административных границ, пунктов гидрометрических наблюдений, зон природного формирования речного стока и других факторов. Балансовые участки нумеруют последовательно вдоль главной реки, включая участки по выделяемым ее притокам. Разделение речных бассейнов на участки показывают на мелкомасштабных картах или в виде схематической диаграммы, иллюстрирующей взаимосвязь по речному потоку между отдельными участками (рис. 8.3).

Исходные данные по ресурсам поверхностных и подземных вод могут представляться совместно или раздельно. При раздельном анализе достаточность подземных вод проверяют по формуле

$$G \geq \sum_j^m Q_{nj}, \quad (8.12)$$

где G — эксплуатационные ресурсы подземных вод на участке, $\text{м}^3/\text{год}$; Q_{nj} — отбор подземных вод за j -й интервал; m — число принятых интервалов времени в году.

Следует отметить, что превышение отбора подземных вод их эксплуатационных запасов допускается в тех случаях, когда имеется надлежащее обоснование восполняемости ресурсов в последующие периоды.

Состояние баланса по поверхностным водам рассчитывается следующим образом:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 - \Delta Q_7 - \Delta Q_8 - Q_9 - T \geq 0, \quad (8.13)$$

где Q_1 — объем поверхностных вод, поступающих на участок с вышерасположенных балансовых участков; Q_2 — объем поверхностных вод, формирующихся на участке (с учетом особенно-

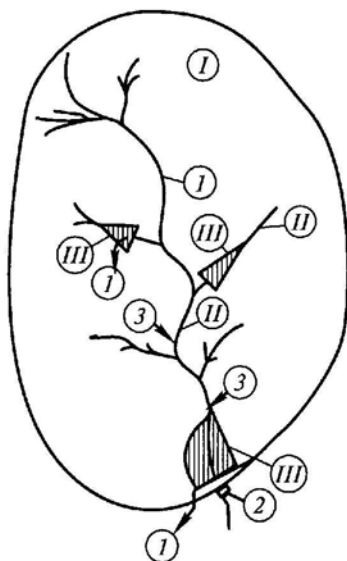


Рис. 8.3. Система управления ВХК бассейна: I — система формирования стока (водосборная площадь); II — система транспортировки стока (русло водостоков, каналы); III — система регулирования стока (водохранилища); 1 — объекты водопотребления; 2 — объекты водоотведения; 3 — объекты водопользования

стей природного круговорота воды и влияния хозяйственной деятельности на водосборе); Q_3 — «сработка» (+) или наполнение (—) за интервал имеющихся на участке прудов и водохранилищ; Q_4 — отбор поверхностных вод на участке; Q_5 — поступление воды, на участок извне по искусственным каналам или трубопроводам; Q_6 — сточные, возвратные, шахтные и другие воды, образующиеся на участке и поступающие в

его пределах в речную сеть; ΔQ_7 — уменьшение речного стока, вызванное отбором подземных вод; ΔQ_8 — потери на дополнительное испарение с поверхности прудов и водохранилищ; Q_9 — переброска воды за пределы участка; T — требуемый попуск (транзитный сток) в конце участка.

Анализ совместной обеспеченности поверхностными и подземными водами

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_5 + Q_6 - \Delta Q_8 - Q_9 + Q_{10} - Q_{11} - T \geq 0, \quad (8.14)$$

где Q_{10} — объем подземных вод, отбираемых из недр за интервал (гидравлически независимых от поверхностных), $0 \leq Q_{10} \leq Q_{12}$; Q_{11} — суммарный отбор воды на участке: $Q_{11} = Q_4 + Q_{12}$.

Результаты расчетов по формулам (8.13) и (8.14) должны давать одну и ту же оценку состояния балансов по поверхностным водам.

Объем речных вод через нижний для участка створ равен:

$$Q_{12} = Q_1 + Q_2 \pm Q_3 - Q_4 + Q_5 + Q_6 - \Delta Q_8 - Q_9 \geq 0, \quad (8.15)$$

или

$$Q_{12} = Q_1 + Q_2 \pm Q_3 + Q_5 + Q_6 - \Delta Q_8 - Q_9 + Q_{10} - Q_{11} \geq 0, \quad (8.16)$$

где Q_1, Q_2, Q_3, Q_5 — приходная статья баланса Q ; $(Q_{11} - Q_6) - Q_3, \Delta Q_8, Q_9, T$ — расходная статья баланса R ; $R = Q - P$.

Безвозвратные потери воды по отношению к поверхностным водам составляют:

$$P = Q_{11} - Q_6 + \Delta Q_8 + Q_9 - Q_{10},$$

$$P = Q_4 - \Delta Q_6 + \Delta Q_7 + \Delta Q_8 + Q_9. \quad (8.17)$$

Выражения (8.13) и (8.15) в краткой записи имеют вид $Q - R \geq 0$.

В зависимости от сочетаний приходной и расходной статей могут быть составлены и проанализированы четыре варианта ОВХБ. Наличие и степень использования водных ресурсов оцениваются сравнением расчетных ресурсов речных вод $Q(P)$ и фактического использования воды, т. е. используется баланс вида $B_I = Q(P) - R^{\Phi}$. Если имеет место повышенное фактическое использование водных ресурсов, обусловленное их обилием, баланс вида B_I не позволяет выявить полностью резервы водообеспечения или же преувеличивает размеры дефицита воды. Напротив, если в маловодный год имело место фактическое ограничение использования воды, баланс вида B_I преувеличивает размеры избытка воды или же преуменьшает расчетный ее дефицит. Поэтому следует составлять ОВХБ еще для следующих случаев:

$$B_{II} = Q^{\Phi} - R^{\Phi};$$

$$B_{III} = Q(P) - R^{пл}, \quad (8.18)$$

$$B_{IV} = Q^{\Phi} - R^{пл},$$

где $R^{пл}$ — расходная статья баланса по прогнозированным на отчетный год элементам; Q — приходная статья баланса по фактическим данным.

Разрешение на новое водопользование и для текущего регулирования использования и охраны вод выдается с учетом значений первого варианта отчетного водохозяйственного баланса. Система ОВХБ дает достаточно полную картину соотношений между ресурсами и использованием воды, позволяющую выявлять различные ситуации водохозяйственной деятельности.

Определение элементов приходной части ОВХБ. Сток обеспеченности $Q_2(P)$, формирующийся на каждом балансовом участке, определяется научно-исследовательскими организациями. По мере накопления новых данных следует их уточнять.

Ресурсы, формирующиеся на рассматриваемой территории, учитывают поправки $\pm \Delta Q_2$, характеризующие влияние хозяйственной деятельности на речной сток. В числе основных факторов следующие: рост урожайности в богарном земледелии; осушение земель; сокращение площадей дикой влаголюбивой растительности; уменьшение поверхности затопления пойм вследствие регулирования стока; урбанизация территорий; изменение местного влагооборота; изменение степени лесистости и распаханности территории.

Виды хозяйственной деятельности (орошение, безвозвратное водопотребление, регулирование стока и т. д.) входят непосредственно в ОВХБ. При определении $Q_2(P)$ по участкам речных бассейнов учитывают несовпадение колебаний водности рек по территории и используются гидрографы календарного года, водность которого в основных створах близка к требуемой. Сведения о ресурсах подземных вод принимают по данным оценки их апробируемых эксплуатационных запасов.

Степень взаимосвязи подземных вод с поверхностными определяют в соответствии с материалами оценки эксплуатационных запасов подземных вод. Объемы отбираемых из недр подземных вод, гидравлически не связанных с речным стоком, определяют как часть из всего объема используемых подземных вод, так как являются не только исходными данными, но и исходными характеристиками:

$$Q_{10} = (1 - S)Q_{12},$$

где $0 \leq S \leq 1$ — степень взаимосвязи подземных вод с поверхностными; $S = 0$ — связь отсутствует; $S = 1$ — связь полная.

Показатели работы водохранилищ $\pm Q_2$ определяют в зависимости от характера регулирования стока (многолетнее или сезонное), назначения водохранилищ (энергетическое, ирригационное, для целей водоснабжения и т. д.). Работу крупных водохранилищ оценивают с учетом данных гидрометобсерваторий, составляющих ежемесячные и ежегодные водные балансы водохранилищ. Для крупных в хозяйственном отношении водохранилищ используют также графики их работы, согласованные всеми водопользователями. Суммарную (полная и полезная) емкость водохранилищ и прудов, расположенных на участке ΣV , определяют с выделением (если это представляется возможным) многолетней составляющей. Годовой сток (ресурсы поверхностных вод) на участке равен

$$Q_r(P) \geq \sum_{j=1}^m \{Q_j(P) + Q(P)\}. \quad (8.19)$$

Аналогичным образом может быть оценена их норма Q , коэффициент относительной суммарной емкости водохранилищ и прудов β , зарегулированная отдача α . По этим данным может быть вычислен прирост к годовому стоку, получаемый за счет многолетнего регулирования:

$$Q_3^m(P) = \alpha(P, \beta) Q_r - Q_r(P) \geq 0. \quad (8.20)$$

Для крупных водохранилищ (с малонарушенным притоком) составляющая α задается. При вычислении баланса величину $Q_3^m(P)$ принимают в качестве начального наполнения при расчете объема водохранилищ и прудов на участке (перед первым расчетным интервалом года), который можно использовать в целях удовлетворения потребностей в воде. Дополнительно к нему используют сезонную составляющую емкость ($\Sigma V - V^m$), наполнение и сработку которой определяют балансовым расчетом с использованием итерации следующим образом. Расчет баланса начинается при $Q_3 = 0, j = 1, \dots, m$, т. е. без учета работы водохранилищ. При положительном значении баланса во все интервалы года расчет на этом заканчивается. При наличии дефицита воды в отдельные интервалы отыскивают режим сработки, сводящий дефицит воды к возможному минимуму.

Процесс этот может быть автоматизирован по правилу управления работой водохранилищ «по водотоку». Все избытки воды идут на заполнение водохранилищ (с проверкой на переполнение), все дефициты воды покрываются за счет водохранилищ (с проверкой на опорожнение). Символически правило работы водохранилищ «по водотоку» в принятых выше обозначениях записывают так:

при отрицательном балансе

$$Q_3(P) = \begin{cases} B, & \text{если } V_n - B \leq 0; \\ V_n, & \text{если } V_n - B < 0; \end{cases} \quad (8.21)$$

при положительном балансе

$$Q_3(P) = \begin{cases} B, & \text{если } V_n + B \geq V_p; \\ V_n, & \text{если } V_n + B > V_p, \end{cases}$$

где V_n — полезный объем водохранилищ на начало интервала; V_p — суммарная располагаемая регулирующая емкость в данный маловодный год, $V_p = \Sigma V + V_m + Q_3^m$.

Определение элементов расходной части ОВХБ. Расходную часть ОВХБ находят на основе гидрометрических наблюдений и измерений, а также оценочных расчетов. Фактические значения Q_4 и Q_6 определяют на основании материалов государственного учета. Аналогично устанавливают показатели ΔQ_7 и Q_{10} . Дополнительное испарение ΔQ_8 вычисляют как разность между испарением с поверхности воды $Q_{8в}$ и суши $Q_{8с}$ площади ($A_{вдхр} - A_p$), где ($A_{вдхр} - A_p$) — приращение площади водного зеркала за счет создания водохранилища.

Требуемый попуск в нижнем створе определяют с учетом потребления воды всеми участниками водного хозяйства (гидроэнергетики, водного транспорта, речного рыбного хозяйства, охраны рек от истощения и загрязнения). Этот показатель не нормируется, а назначается в зависимости от конкретных условий и согласовывается с заинтересованными учреждениями. Потребности в воде гидроэлектростанций определяются с учетом интересов других отраслей народного хозяйства, а также с соблюдением требований комплексного использования вод. Поддержание нормируемых глубин для водного транспорта, как правило, производится не только за счет попусков, но и путем землечерпания или шлюзования. Заявки на рыбохозяйственные попуски принимаются с использованием накопленных научных данных.

Если на одной и той же реке имеется несколько водопользователей, то требования к величине расходов воды для каждого из них должны устанавливаться отдельно.

Показатели качества воды при составлении ОВХБ учитываются с целью оценки качественного состояния водных ресурсов, которое изменяется под воздействием разных природных и антропогенных факторов. Для этой цели используют фактические данные о качестве речных вод и совместно анализируются все имеющиеся данные наблюдений по сезонам отчетного года — летнему и зимнему. Если имеется не более трех измерений, то в расчет принимают худшее значение. Если же за каждый сезон имеется значительное число наблюдений, то фактические показатели качества определяют по кривым обеспеченности. Эмпирическую обеспеченность расчетных (худших) показателей качества речных вод принимают 10...30 % (при ухудшении качества с ростом показателей); в противном случае 70...90 %. Полученные показатели, относимые к летнему и зимнему сезонам отчетного года, обозначаются через $K_{лет}^ф$ и $K_{зим}^ф$. Для суждения о состоянии качества речной воды фактические показатели качества этой воды $K_{лет}^ф$ и $K_{зим}^ф$ сравнивают с допустимыми.

Для промышленных предприятий, расположенных в населенных пунктах, под требованиями промышленности к качеству речной воды следует понимать требования коммунально-бытового водопользования. Если к качеству речной воды другие участники водного хозяйства требования не предъявляют, то под требованиями к качеству речной воды принимают минимальные требования, удовлетворение которых имеет целью не допустить необратимых процессов в гидробиологическом режиме рек и сохранить способность к самоочищению от поступающих загрязнений. Указанные нормативы по большинству показателей примерно соответствуют качеству сточных вод, прошедших полную биологическую очистку, и удовлетворяют требованиям орошения.

Если в данном створе предъявляется несколько требований к качеству речной воды, за основные требования принимают наиболее жесткие из них. Расчетные требования к качеству речной воды в створе имеют обозначение $[K]$. В случае обнаруженного загрязнения речной воды отношение

$$\frac{K^ф[K]}{[K]} 100\%$$

характеризует фактическую степень перегрузки реки загрязнениями. В таких случаях необходимо фиксировать материалы по экономическим и иным последствиям фактического загрязнения речной воды. Для оценки резервов качества речной воды показатели $K_{лет}^ф$ и $K_{зим}^ф$ могут пересчитываться к условиям водности реки обеспеченностью 95 %. Пересчет учитывает характер изменения естественных (фоновых) показателей качества речных вод в зависимости от водности года, а также изменения способности рек в различные по водности годы разбавлять фиксированные (фактические) объемы загрязнений, поступающих на балансовые участки. Фоновые показатели качества речных вод $K_{фон}$ получают на основе данных фоновых гидрохимических наблюдений. Естественный гидрохимический режим может быть связан с гидрологическим режимом или быть независимым от него. В первом случае устанавливают связи (графические или аналитические) между водностью рек и гидрохимическими показателями. По этим связям находят показатели качества, соответствующие водности в отчетном году $K_{фон}$ к расчетной водности обеспеченностью 95 %. При отсутствии связей показателей гидрохимического режима с водностью рек в расчет принимают

среднее значение фонового показателя качества речной воды. При этом сравнения производят по сезонам года отдельно.

Пересчет следует выполнять по отношению к нижним створам, замыкающим балансовые участки. За расчетные показатели водности реки в этих створах принимают показатели Q_n , минимальные за летний и зимний сезоны с обеспеченностью $Q_n^\Phi = 95\%$. Пересчет производят из условия баланса веществ в створе:

$$Q_n^\Phi (K^\Phi - K_{\text{полн}}^\Phi) = Q_n^p (K^p - K_{\text{фон}}^p). \quad (8.22)$$

Если обозначить отношение фактической и расчетной водности через h , то формула пересчета будет иметь вид

$$K^p = h(K^\Phi - K_{\text{фон}}^\Phi) + K_{\text{фон}}^p. \quad (8.23)$$

Расчет выполняют для летнего и зимнего сезонов отдельно. Полученные показатели K^p сравнивают с допустимыми. Расчетную степень перегрузки реки оценивают загрязнениями

$$\frac{K^p[K]}{[K]} 100\%$$

или емкостью поглощения дополнительных загрязнений в объеме $Q^p([K] - K^p)$ при $K^p < [K]$.

На практике возможны ситуации, когда фоновые показатели качества речной воды хуже допустимых (по содержанию железа, кислорода, БПК и др.). Такие показатели не могут приниматься за лимитирующие, так как в данных условиях необходима разработка региональных мероприятий.

Иногда необходимо оценивать качество подземных вод. Их ресурсы (естественные ресурсы, эксплуатационные запасы и т. д.) определяют на основании не только количественных, но и качественных характеристик воды (она должна быть пресной, надлежащей чистоты и т. д.). Эти характеристики могут быть дополнены показателями фактического состояния отбираемых подземных вод по данным анализов проб.

Для решения этой задачи необходимо знать водохозяйственный баланс с учетом качества воды и превращения веществ в водотоках-водоемах, а также требования водопользователей к качеству воды. Действующими нормами лимитируется концентрация веществ загрязнений в водном объекте при критических гидрологических ситуациях.

8.7. УПРАВЛЕНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ БАСЕЙНА

Управление осуществляют при прогнозировании развития водохозяйственных систем, их проектировании и эксплуатации. При прогнозе определяют состав водопотребителей, их размещение, объемы выделяемых им водных ресурсов, источники водоснабжения; при проектировании определяют основные параметры и состав водохозяйственных сооружений; при эксплуатации — объемы и режимы водоподдачи.

Водохозяйственные системы управляются на основе применения системного анализа, который включает в себя как формальные (с использованием математического аппарата), так и неформальные (например, с помощью экспертиз) методы исследования сложных систем, функционирующих в условиях неопределенности.

Анализ системы состоит из трех этапов: анализа конечных целей, которые должны быть достигнуты; выбора критериев оценки способов достижения поставленных целей (альтернатив) и выбора наиболее подходящей альтернативы.

Цель — это конечный результат, на достижение которого направлено функционирование системы. Основная цель в управлении — комплексное и рациональное использование водных ресурсов для удовлетворения социальных и экономических потребностей общества. Однако сформулированная таким образом цель носит слишком общий характер. Поэтому возникает потребность в конкретизации цели, достигаемой путем декомпозиции (расчленения) ее на частные цели.

Анализ деятельности водохозяйственных систем позволяет выделить следующее:

- обеспечение населения водой для питьевых и коммунальных нужд;
- получение производственного эффекта на водохозяйственных объектах;
- водное благоустройство территорий;
- обеспечение оборонных мероприятий;
- охрана окружающей среды от вредного воздействия вод и водных ресурсов от загрязнения и истощения;
- сохранение и улучшение экологической системы и т. п.

Каждая цель формально может быть записана в виде целевой функции $F(x)$, которая выступает как критерий оценки путей достижения поставленных задач. Например, для экономических

процессов (получения производственного эффекта) наиболее часто в качестве критерия применяют валовой доход, прибыль, объем валовой продукции, расчетные затраты труда, ресурсов, себестоимость продукции и т. п. Для социальных целей используют показатели качества воды, рекреационную ценность водоемов и т. п. Множественность критериев, из которых одни желательно обратить в максимум, а другие в минимум, характерна для любой сложной задачи управления.

На третьем этапе отыскивают альтернативу, наилучшим образом обеспечивающую достижение поставленных целей. Это составляет суть управления.

Моделирование — процесс построения и исследования моделей, отображающих реальную систему.

Математическая модель ВХС — математические выражения, показывающие связь между входными (независимыми, управляющими) и выходными переменными, характеризующими водохозяйственную систему, например между объемом воды и экономическим эффектом от ее использования.

Модель может быть *числовой* (в виде формул), *логической* (в виде блок-схемы алгоритмов или программ расчетов), *графической*.

Построение математической модели содержит следующие этапы: выбор входных и выходных переменных; идентификация модели, которая заключается в определении числовых значений параметров (коэффициентов), входящих в модель; проверка адекватности (соответствия) модели моделируемому объекту.

Моделирование проводят в несколько этапов до достижения необходимой точности. Пока не существует единой математической модели водохозяйственных систем, которая учитывала бы все многообразие их особенностей. Поэтому для каждой конкретной системы разрабатывают специальную математическую модель, позволяющую выбрать ее параметры и провести анализ ее функционирования в условиях разной водности и водопотребления. Процесс принятия решений при управлении осуществляется в режимах имитации и оптимизации.

Имитация — это процесс управляемого эксперимента, проводимого над моделью ВХС. Имитацию проводят в тех случаях, когда аналитическое решение задачи управления невозможно, а непосредственное экспериментирование недопустимо или нецелесообразно. Подобная ситуация характерна для сложных водохозяйственных систем, для которых трудно предсказать последствия тех или иных управляющих решений. Имитация позволяет прогнозировать поведение системы в различных условиях,

проверить и оценить различные методы управления, обучить специалистов-водохозяйственников управлению.

Имитационная модель — это описание процесса функционирования ВХС на языке ЭВМ. Ее особенностью является достаточно близкое к действительности воспроизведение исследуемого процесса, так как математический аппарат, применяемый при этом, не ограничен каким-то определенным классом уравнений.

Работа по постановке и проведению имитационного моделирования может быть условно разделена на следующие этапы:

- постановка задачи;
- назначение цели исследования;
- разработка модели системы;
- определение параметров управления;
- планирование эксперимента с применением программных продуктов при различных значениях управляющих параметров;
- анализ результатов эксперимента и принятие решений.

Эксперимент заключается в поиске таких управляющих воздействий, которые обеспечивают достижение поставленных целей управления. Он проводится в форме человеко-машинного диалога. Изменение управляющих параметров вызывает изменение результатов функционирования ВХС. Эти результаты, полученные на ЭВМ, анализирует специалист, который принимает решение о дальнейшем изменении управляющих параметров. Процесс продолжается до тех пор, пока найденное решение не будет признано удовлетворительным.

Имитационное моделирование находит широкое применение при построении правил управления сложными водохозяйственными системами, так как позволяет учесть многие неформальные, противоречивые условия их функционирования, трудно поддающиеся точному математическому описанию.

Анализ функционирования водохозяйственных систем возможен не только путем имитации на ЭВМ ее поведения в различных ситуациях. В некоторых случаях, например при решении крупнорегиональных задач оценочного характера, при разработке правил управления не очень сложными ВХС, частных задач управления, целесообразно применение методов оптимизации.

Оптимизация — это процесс нахождения наилучшего варианта решения из множества возможных. Например, выбор наилучшего варианта распределения воды между участниками при ее дефиците, наилучших (оптимальных) параметров системы и т. п. При оптимизации процесс функционирования ВХС записывает-

ся, как правило, в виде системы уравнений. Множество целей функционирования ВХС определяет многокритериальность задач управления ими. Однако не существует такой стратегии управления, которая обращает одновременно в максимум (или минимум) каждую из целевых функций ВХС, так как зачастую отдельные цели противоречат друг другу (одна цель может быть достигнута за счет другой). Так, получение экономического эффекта при водопотреблении может повлечь за собой ухудшение качества воды и существующих экосистем, максимум рекреационной емкости может быть достигнут за счет ухудшения показателей качества воды и т. д.

Таким образом, в условиях многокритериальности возникает проблема неопределенности целей. В этих условиях появляется необходимость поиска путей преодоления неопределенности целей, или, иначе говоря, поиска возможного компромисса, который даст возможность получить решение многокритериальной задачи. Так называемые компромиссные решения являются не строго оптимальными, но приемлемыми по ряду критериев. Задача обоснования решения по нескольким критериям не является до конца формализованной, и окончательный выбор решения осуществляет человек. Дело исследователя — помочь лицу, принимающему решение, сделать выбор не вслепую, а с учетом преимуществ и недостатков каждого варианта решения.

В этих случаях многокритериальную задачу сводят к задаче с единственным критерием (в этом методе используются коэффициенты весомости). Область эффективных решений находится путем исключения из рассмотрения тех вариантов решения, которые заведомо плохи. Для решения указанной задачи применяют также метод последовательных уступок. В этом методе экспертным путем проводят ранжирование целей. Сначала ищут решение, обращающее в максимум наиболее важный критерий. Далее значение этого критерия фиксируется на некотором уровне, более низком, чем оптимум. При этом ограничении ищут решение, обращающее в максимум следующий по предпочтительности критерий, который в дальнейшем также фиксируют на некотором, более низком уровне, и процесс оптимизируют по третьему критерию и т. д.

Полученное таким путем решение не является оптимальным ни по одному из критериев, но одновременно учитывает их все. Величину принимаемых уступок назначают экспертным путем. Обосновать их для каждого критерия возможно при предвари-

тельном изучении размаха варьирования значений критериев при оптимизации по каждому из них отдельно.

Метод выделения основного критерия наиболее часто применяется при сведении многокритериальной задачи к однокритериальной. При этом среди критериев выделяют некоторый основной, который необходимо обратить в минимум или максимум. На все остальные критерии накладывают некоторые ограничения, т. е. вводят систему контрольных показателей.

В качестве основного критерия чаще всего принимают экономический, так как только рубль является общей единицей измерения таких видов продукции, как электроэнергия, урожай, объем перевозок и т. п. Цели, которые не могут быть выражены в стоимостном измерении (социальные: от наводнения, удовлетворение коммунально-бытовых потребностей, обороны страны, охрана водных ресурсов, экосистем), вводятся в виде ограничений.

В РФ установлен бассейновый принцип управления водным хозяйством. Основным структурным элементом управления является водохозяйственный комплекс речного бассейна, обеспечивающий совместное использование водных ресурсов различными отраслями народного хозяйства. Управление всем комплексом сооружений бассейна осуществляется в условиях рассредоточенности водопользователей, стохастичности внешних воздействий, влияния неформальных и сложных взаимосвязей, отражающих взаимодействие элементов комплекса с природной средой. В связи с этим возникает необходимость автоматизированного управления водохозяйственными комплексами бассейна.

8.8. ПЛАТА ЗА ПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Важным рычагом управления в водном хозяйстве является внедрение платы за воду. Плата за воду позволяет регулировать водные отношения, стимулировать комплексное и рациональное водопользование, а также обеспечивать финансирование водохозяйственных организаций, что позволяет эффективно выполнять функции по восстановлению и охране водных объектов и защите от вредного воздействия вод, приступить к реализации мероприятий, предусмотренных в федеральных целевых программах по обеспечению России качественной питьевой водой, оздоровлению экологической обстановки в бассейнах рек, защите населенных пунктов и объектов экономики от паводков, подтопления и водной эрозии.

В России в 1998 г. принят Федеральный закон «О плате за пользование водными объектами», в котором определены такие положения, как плательщики, объекты платы, платежная база, ставки платы, льготы по плате, порядок определения суммы и зачисления платы.

Плательщиками за пользование водными объектами являются организации и предприниматели: промышленные, транспортные, строительные, включая военные; организации жилищно-коммунального хозяйства, по водоснабжению сельского хозяйства и населения и прочие организации.

Плата осуществляется при заборе воды из поверхностных водных объектов, территориального моря и внутренних морских вод с применением сооружений, технических средств или устройств, подлежащих лицензированию, при сбросе сточных, дренажных и карьерных вод в водные объекты, если концентрация вредных веществ в них превышает концентрацию таких веществ, содержащихся в воде водоприемника.

При использовании водных объектов без изъятия воды и сбросе сточных вод подлежат оплате организации, имеющие на своем балансе гидроэлектростанцию и осуществляющие выработку электроэнергии, занимающиеся сплавом древесины без судовой тяги (в кошелях и плотках); организации и предприниматели, использующие акваторию водных объектов для добычи полезных ископаемых, в том числе торфа, сапропеля и лечебных грязей, а также для осуществления строительства буровых, ремонтных и изыскательских работ, использующих акваторию водных объектов для организованной рекреации, в том числе водного туризма, спорта и купания.

При пользовании водными объектами, находящимися в обособленном пользовании (замкнутые водоемы) или в особом пользовании, плательщики освобождаются от платы.

Объектом платы является пользование поверхностными водными объектами, внутренними морскими водами, территориальным морем для осуществления забора воды с применением сооружений, технических средств или устройств для использования в производственном и технологическом процессе; для собственных нужд, хозяйственно-питьевых и бытовых нужд, для удовлетворения гидроэнергетики в воде, а также использование водных объектов для лесосплава, добычи полезных ископаемых, рекреации и сброса сточных вод.

Платежная база в зависимости от вида пользования определяется как объем забранной воды из водного объекта, объем сброшенных сточных вод или площадь акватории используемых водных объектов.

Ставки платы за пользование водными объектами, связанные с забором воды для водоснабжения населения, до 2003 г. установлены в размере, не превышающем 30,0 руб. за одну тысячу кубических метров воды, забранной из водного объекта.

[Приложение 9 Руководства по расчету платы за пользование водными объектами в субъектах Российской Федерации. Руководство разработано на основании Федерального закона «О плате за пользование водными объектами» от 06.05.98 г. № 71-ФЗ, Водного кодекса Российской Федерации от 16.11.95 г. № 167-ФЗ, постановления Правительства Российской Федерации от 22.07.98 г. № 818 «Об утверждении минимальных и максимальных ставок платы за пользование водными объектами по бассейнам рек, озерам, морям и экономическим районам», постановления Правительства Российской Федерации от 03.04.97 г. № 383 «Об утверждении Правил предоставления в пользование водных объектов, находящихся в государственной собственности, установления и пересмотра лимитов водопользования, выдачи лицензий на водопользование и распорядительной лицензии».]

При заборе воды и сбросе сточных вод сверхустановленных лимитов (месячных или годовых) или без лицензии (разрешения) для плательщиков эти ставки увеличиваются в 5 раз.

Установлены минимальные и максимальные ставки платы за использование водных объектов в целях забора воды и сброса сточных вод по бассейнам рек в разрезе экономических районов, за использование территориального моря РФ и внутренних морских вод, за использование поверхностных водных объектов для целей гидроэнергетики и лесосплава без применения судовой тяги, для использования акватории поверхностных водных объектов.

Для отдельных категорий плательщиков законодательные органы субъектов Российской Федерации могут установить льготы по плате в пределах суммы платы, поступающей в их бюджет.

Порядком определения суммы платы установлено, что эта сумма определяется плательщиком самостоятельно по итогам каждого отчетного периода:

— при заборе воды и (или) сбросе сточных вод в пределах установленных лимитов — как сумма произведения фактического объема забора воды и (или) сброса сточных вод на ставку платы; для водоснабжения населения — как сумма фактически-

го забранного объема воды, включая и сверхлимитный забор воды, на ставку платы;

— при заборе воды и (или) сбросе сточных вод сверхустановленных лимитов — как сумма произведения фактических объемов воды и (или) сброса сточных вод в пределах установленных лимитов на ставку платы и произведения разницы между фактическим забором и (или) сбросом сточных вод и установленными лимитами на увеличение в 5 раз ставки платы;

— сумма платы за пользование водными объектами без изъятия водных ресурсов определяется — как произведение фактических показателей соответствующего вида пользования на ставку платы, при этом следует учитывать, что для лесосплава ставки платы устанавливаются на каждые 100 км сплава;

— для плательщиков при пользовании водными объектами без соответствующей лицензии (разрешения) сумма платы увеличивается в 5 раз.

Сумма платы за пользование водными объектами включается в себестоимость продукции, работ и услуг.

Отчетным периодом, за который взимается плата за пользование водными объектами, является каждый календарный квартал для предпринимателей, малых предприятий и плательщиков, использующих акваторию водного объекта; для остальных плательщиков — каждый календарный месяц.

Порядок зачисления платы предусматривает, что из общей внесенной суммы платы в федеральный бюджет поступает 40 %, из которых 50 % идет на финансирование решения межрегиональных, внутри- и межбассейновых водохозяйственных проблем, а 60 % поступает в бюджет субъектов Российской Федерации, из которых 50 % идет на финансирование решения территориальных и общекбассейновых водохозяйственных проблем.

Реализацию платы за воду следует рассматривать как важный шаг в экономическом стимулировании рационального использования водных объектов. Взимание платы за воду, используемую в промышленном производстве, в определенной мере стимулирует соблюдение норм водопотребления, предотвращает расточительное использование воды, снижает потери, вызванные бесконтрольным ее потреблением, стимулирует снижение содержания загрязняющих веществ в сточных водах при сбросе их в водные объекты.

Плата за пользование водными объектами в целях осуществления забора (добычи) воды из подземных источников осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации о недрах.

8.9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ

В условиях развития городов, изменения экономических условий увеличивается техногенная нагрузка на окружающую природную среду. В настоящее время еще не разработана универсальная классификация городов, основанная на учете факторов, воздействующих на природную окружающую среду. Наиболее сложным в реальных условиях оценки антропогенного воздействия «пользователя» на биосферу является определение границы, при которой состояние природных сред переходит из нормального в деградированное, критическое.

Экологическая паспортизация города является必要ностью и качественно новой оценкой информации по прогнозированию развития природно-техногенной системы города.

В Российской Федерации в соответствии с ГОСТ 17.0.0.04—90 каждое промышленное либо сельскохозяйственное предприятие должно иметь экологический паспорт, являющийся нормативно-техническим документом, включающим данные об использовании природных ресурсов и о воздействии его на окружающую среду.

В экологическом паспорте должны быть отражены:

- сведения об используемых предприятием технологиях;
- количественные и качественные характеристики используемых ресурсов (воды, сырья, топлива, энергии);
- количественные характеристики выпускаемой продукции;
- количественные и качественные характеристики выбросов (сбросов, отходов) загрязняющих веществ от предприятия;
- результаты сравнения используемых предприятием технологий с лучшими отечественными и зарубежными.

Экологический паспорт составляется на основе согласованных и утвержденных данных основных показателей производства, проектов расчетов ПДВ, разрешения на природопользование, включая спецводопользование, норм ПДС, паспортов газо- и водоочистного оборудования и сооружений, установок по утилизации и использованию отходов, данных государственной статистической отчетности, инвентаризации источников загрязнений, проектов и других нормативно-технических документов.

Экологический паспорт позволяет решить в нашей стране следующие задачи по рациональному природопользованию:

- получить оценку влияния выбросов (сбросов, отходов) загрязняющих веществ и выпускаемой продукции на окружающую среду и здоровье населения и в дальнейшем обосновать плату за природопользование;

- установить предприятию предельно допустимые нормы выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в окружающую среду;

- планировать предприятию природоохранные мероприятия и оценку их эффективности;

- проводить экспертизу проектов реконструкции предприятия;

- контролировать соблюдение предприятием законодательства в области охраны природной среды;

- повысить эффективность использования природных и материальных ресурсов, энергии и вторичных продуктов.

Экологический паспорт составляется на предприятии и утверждается его руководителем, координируется и согласовывается с местными органами Комитета по охране природы. Он необходим при получении предприятием лицензии на производственную деятельность. Экологический паспорт включает следующие разделы:

1. «Общие сведения» включают взаимное расположение предприятия с граничащими характерными объектами. (Прилагается карта-схема предприятия с указанными на ней источниками загрязнения атмосферы и поверхностных вод; водозаборами; местами, отведенными для складирования отходов, с указанием границ санитарно-защитной зоны, жилых массивов, промышленных зон, лесов сельскохозяйственных угодий, транспортных магистралей, зон отдыха.)

2. «Краткая природно-климатическая характеристика районов расположения предприятия» содержит сведения, полученные в органах Госкомгидромета и Госкомприроды, о метеорологических характеристиках и коэффициентах, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ, а также характеристику источников водоснабжения и приемников сточных вод (наименование, код, местоположение водного объекта и водохозяйственного участка, минимальный среднемесячный расход воды в реке, показатели качества воды).

3. «Краткая характеристика производства, сведения о продукции». По каждому виду производства проводится составленная балансовая схема материальных потоков по принятой в отрасли схеме. Всем организованным источникам загрязнения ат-

мосферы присваиваются номера в пределах от 0001 до 5999, а неорганизованным — в пределах от 6001 до 9999.

4. «Расход энергоресурсов по видам продукции» — приводятся сведения о расходах газа, угля и других видов топлива, а также тепловой энергии по производствам, видам продукции, всего на единицу энергии.

5. «Характер выбросов в атмосферу» — приводятся данные о выбросах, устройствах газовых очисток и т. д.

6. «Характеристика водопотребления, водоотведения и очистки сточных вод на предприятии» — в соответствующих приложениях приводится информация с балансовыми схемами водопотребления и водоотведения, сведения об источниках водоснабжения, потребителях воды, сточных водах, очистных сооружениях и характеристике оборотных систем.

7. «Характеристика отходов, образующихся на предприятии» — дается точное наименование отходов в соответствии с классификатором, обязательно указывается класс опасности отходов, их количество, а также пожаро- и взрывоопасность, агрегатное состояние, растворимость, влажность. Кроме того, даются данные о количестве отходов, находящихся в местах организованного складирования как на территории самого предприятия, так и за его пределами, количество отходов, используемых самим предприятием и передаваемых другим организациям с целью их использования.

8. «Характеристика полигонов и накопителей, предназначенных для захоронения (складирования) отходов». Для всех полигонов и накопителей, находящихся на балансе предприятия, указывается их количество, район размещения, занимаемая площадь, мощность объекта и размер санитарно-защитной зоны, год открытия и планируемый срок закрытия. Указываются типы противοфилтpационных экранов, краткое описание системы контроля за состоянием окружающей среды в районе размещения объекта и затраты, связанные со складированием или захоронением отходов и содержанием объекта.

9. «Рекультивация нарушенных земель и снятие нарушенного слоя почвы» — заполняется по данным статистической отчетности.

10. «Транспорт предприятия» — приводятся данные о транспорте и выбросе основных компонентов в расчете за год.

11. Плата за выбросы, сбросы, размещение отходов загрязняющих веществ в окружающую среду оформляется в соответствии с действующими нормативами.

Составленный предприятием экологический паспорт позволяет оценить антропогенную нагрузку на окружающую природную среду и прогнозировать изменения в ее состоянии, что дает возможность запланировать развитие территориально-производственных комплексов рассматриваемого района и его воздействие на жилищно-коммунальный комплекс.

8.10. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Понятие «экспертиза» полноправно вошло в научную и практическую деятельность. Слово «экспертиза» произошло от латинского «*expertus*», которое употреблялось в двух значениях: знающий по опыту, опытный; испытанный, изведанный.

Любая экспертиза, по определению, — это прежде всего применение специальных, профессиональных знаний и именно таких, которые прошли проверку опытом. Экспертиза предполагает, что ее результатом являются сведения, полученные «из опыта», на основе прикладного исследования конкретного объекта, проведенного знающим лицом при помощи специальных приемов, методик, нормативных актов. Понятие «экспертиза» прочно вошло в научную и практическую работу при проведении различных исследований и выдаче на их основе заключений, требующих применения профессиональных знаний.

Государственная экспертиза имеет особый статус. Например, государственной экологической экспертизе подлежат такие проекты, реализация которых может привести к негативным воздействиям на окружающую природную среду. Государственной экологической экспертизе подлежат запасы полезных ископаемых и проекты их добычи, переработки и последующей рекультивации мест добычи.

Государственная экологическая экспертиза — специальный комплекс действий государственных и экспертных комиссий по рассмотрению проектов планов, проектно-сметной, нормативно-технической и нормативно-правовой документации, а также новой техники, технологии, материалов, веществ с позиции их соответствия экологическим нормам, правилам и нормативам. Цель экспертизы — проверить и оценить, насколько рассматриваемый объект соответствует требованиям охраны природы и экологической безопасности. Результатом экспертизы является фиксация допущенных технических ошибок, научная оценка их последствий, рекомендации органам, принимающим решения,

прогноз наиболее эффективных условий реализации экспортных проектов и объектов.

В соответствии с Федеральным законом «Об экологической экспертизе», принятым 15 ноября 1995 г., в Российской Федерации осуществляется экспертиза государственная и общественная экологическая.

Государственную экологическую экспертизу (ГЭЭ) проводит Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации (Минприроды России) с привлечением экспертов из числа квалифицированных специалистов, ученых и практиков с оплатой их труда из федерального бюджета.

Экспертное заключение утверждается в Комитете по охране природы Минприроды РФ, после чего является обязательным для исполнения документом.

Общественную экологическую экспертизу проводят научные коллективы на добровольной основе. Заключение общественной экспертизы носит рекомендательный характер. В случае утверждения его органами государственной экспертизы заключение приобретает статус юридически обязательного к исполнению документа.

Экологическая экспертиза основывается на принципах:

- презумпции потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной или иной деятельности;
- обязательности проведения экспертизы до принятия решений и реализации объекта;
- комплексности оценки воздействия на окружающую природную среду хозяйственной или иной деятельности и его последствий;
- обязательности учета требований экологической безопасности при проведении экспертизы;
- достоверности и полноты представляемой информации;
- независимости экспертов;
- научной обоснованности, объективности и законности заключений;
- гласности, участия общественных организаций, учета общественного мнения;
- ответственности участников экспертизы и заинтересованных лиц за организацию, проведение, качество экспертизы.

Все предпроектные, проектные и проектные материалы по объектам и мероприятиям, намечаемым к реализации в России, должны пройти ГЭЭ.

В соответствии с Международной конвенцией об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте, принятой странами Европейской экономической комиссии в 1991 г., в России нормативно предписано проводить экспертные работы таким образом, чтобы в результате получалась модель объекта, выявляющая соответствие проекта требованиям охраны окружающей природной среды. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) является более глубоким и объемным вариантом проведения экологической экспертизы с учетом межгосударственных переносов загрязняющих веществ, информации и энергии.

Очень важно взаимодействие ГЭЭ с такими видами деятельности, как экологический контроль, экологическое лицензирование и экологическая сертификация.

ГЛАВА 9

ВОДНЫЙ КОДЕКС РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Охрана природы и рациональное использование ее богатств — в настоящее время одна из важнейших общегосударственных задач. Отношение к этой проблеме определено в основополагающих решениях, получивших юридическое закрепление в законополагающих документах.

9.1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

В современных условиях можно выделить *три главных направления* экологической политики: профилактика, устранение прошлых ошибок и сохранение в неприкосновенности особо ценных природных объектов.

Первое направление связано с предупреждением возникновения вредных антропогенных воздействий на природу. Это профилактическое направление распространяется на всю деятельность, но особенно важное значение оно имеет в сфере хозяйственного руководства, прогнозирования (планирования) (территориального и отраслевого) развития техники и технологии, проектирования и капитального строительства.

Второе направление представляет собой деятельность, направленную на исправление ранее допущенных экологических ошибок и недостатков, устранение проявляющихся негативных производственных воздействий на природу. Даже нормальная деятельность существующих предприятий небезвредна для окружающей природной среды. Некоторые из них строились без достаточного технического оснащения, предназначенного для охраны природной среды от воздействия опасных факторов промышленной деятельности. Если такие предприятия будут продолжать свою работу в тех же режимах и условиях, то природе будет нанесен непоправимый ущерб. С целью устранения негативных последствий на природу устаревшие технологии производства на многих предприятиях заменяют на новые, более со-

вершенные, преимущественно безотходные или малоотходные. Некоторые предприятия оснащают более эффективными сооружениями по очистке сточных вод.

Третьим направлением экологической политики является создание и устройство заповедников, заказников, национальных парков, памятников природы.

9.2. ЗАДАЧИ ВОДНОГО КОДЕКСА

Водный кодекс РФ обладает высшей юридической силой, позволяющей регулировать отношения в использовании и охране вод.

Современное развитие производства и градостроительства, рост материального благосостояния и культурного уровня населения увеличивают разносторонние потребности в воде и повышают значение рационального использования и охраны вод.

Государственная собственность на воду создает благоприятные условия для осуществления мероприятий комплексного использования вод с наибольшим народнохозяйственным эффектом, позволяет обеспечить наилучшие условия труда, быта, отдыха и охраны здоровья людей.

Водный кодекс призван активно способствовать наиболее эффективному, научно обоснованному использованию вод и их охране от загрязнения, засорения и истощения, дает возможность регулировать водные отношения для рационального использования вод. Выполнение его основ позволяет максимально удовлетворить нужды населения и народного хозяйства в воде, своевременно предупреждать и ликвидировать вредные воздействия вод, улучшать состояние водных объектов, а также охранять права предприятий, организаций, учреждений и граждан в области водных отношений.

В соответствии с Конституцией воды в РФ являются государственной собственностью, т. е. всенародным достоянием, и предоставляются только в пользование.

Все воды (водные объекты) в РФ составляют единый государственный водный фонд, включающий реки, озера, водохранилища, другие поверхностные водоемы и водные источники, а также воды каналов и прудов, подземные воды и ледники, внутренние моря и морские воды, территориальные воды.

Важную роль в решении задач рационального использования водных ресурсов играет государственное регулирование водных отношений, заключающееся в распоряжении единым государст-

венным водным фондом; установлении основных положений в области использования вод, охраны их от загрязнения, засорения и истощения, предупреждения и ликвидации вредного воздействия вод; установлении общесоюзных нормативов водопользования, требований к качеству вод, их использования, регистрации водопользования и государственного водного кадастра; утверждении схем комплексного использования и охраны вод, а также водохозяйственных балансов общесоюзного значения; планировании общесоюзных мероприятий по использованию, охране вод, предупреждению и ликвидации их вредного воздействия; государственном контроле за использованием и охраной вод и установлении порядка его осуществления.

Рациональное использование и охрана вод во многом зависят от эффективности государственного управления рассматриваемой сферой отношений.

В стране имеются государственные и специализированные органы для квалифицированного решения задач на высоком научно-техническом уровне по регулированию использования водных ресурсов и охраны вод.

Государственное управление в области использования и охраны вод осуществляется специально уполномоченными на то государственными органами в соответствии с законодательством РФ.

Государственный контроль за соблюдением основ водного законодательства министерствами, ведомствами, государственными, кооперативными, общественными предприятиями и т. д. осуществляется народными депутатами, а также специально уполномоченными на то государственными органами.

Государственный контроль имеет важное значение для рационального, комплексного использования водных ресурсов, охраны вод от загрязнения и истощения, предупреждения и ликвидации вредного воздействия вод.

В российском законодательстве имеются нормы, предусматривающие государственный контроль за мероприятиями по борьбе с вредным воздействием вод, учетом и рациональным использованием водных ресурсов предприятиями и за проведением ими мероприятий по охране водоемов от загрязнения, засорения и истощения, использованием и охраной подземных вод, санитарным состоянием водных источников. Функции контроля возложены на государственные органы по охране природы и природных ресурсов.

Основы водного законодательства предусматривают участие общественных организаций и граждан в проведении мероприятий по рациональному использованию и охране вод. Определение роли в содействии государственным органам при решении этих задач отводится профессиональным союзам, обществам охраны природы, научным обществам и другим общественным организациям, а также гражданам.

Государственный учет и планирование использования вод представляет собой систему, главными звеньями которой являются: Государственный водный кадастр, водобалансовые схемы комплексного использования и охраны вод. Эти звенья имеют между собой тесную логическую связь, и в то же время каждое звено в отдельности представляет достаточно самостоятельный научно-технический и организационный комплекс.

В СССР на основе детально разработанной программы были собраны (1933—1940) основные сведения о поверхностных и подземных водах для всей территории страны, внутренних и окраинных морей — «Водный кадастр СССР». Затем материалы были пересмотрены и уточнены и вошли в новую редакцию «Водный кадастр РФ», который имеет важное значение для планирования развития промышленности, сельского хозяйства, энергетики и других отраслей народного хозяйства.

В первое издание «Водного кадастра СССР» вошли сведения об уровнях воды в водных источниках и температуре воды, расходах воды и наносах, режимах рек, подземных вод, морей, озер, болот и т. д. Водный кадастр явился также базой для расчетов при проектировании и строительстве водохозяйственных объектов и сооружений первой и последующих пятилеток.

Для изучения поверхностных и подземных вод в нашей стране организована государственная опорная гидрометеорологическая и гидрологическая сеть станций и развито экспедиционное изучение водных ресурсов.

При размещении, проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, а также при введении новых технологических процессов, влияющих на состояние вод, в первую очередь должно учитываться рациональное использование вод при условии первоочередного удовлетворения питьевых и бытовых нужд населения. При этом предусматриваются мероприятия, обеспечивающие учет забираемой из водных объектов и возвращаемой в них воды, охрану вод от загрязнения и истощения, предупреждение вредного воздействия вод, ограничение за-

топления земель до минимально необходимых размеров, охрану земель от засоления, подтопления или иссушения, а также сохранение благоприятных природных условий и ландшафтов. Кроме этого, на рыбохозяйственных водоемах должны быть своевременно осуществлены мероприятия, обеспечивающие охрану рыбы, других водных животных и растений и условия для их воспроизводства.

Выполнение этих требований закона окажет благотворное влияние на состояние водных объектов, позволит сохранить наши рыбные богатства и природные условия не только для нынешних, но и будущих поколений.

Основы водного законодательства регламентируют места строительства предприятий, сооружений и других объектов, влияющих на состояние вод. Определение мест строительства предприятий, сооружений и других объектов, влияющих на состояние вод, должно согласовываться с органами по регулированию использования и охране вод, местными исполнительными комитетами народных депутатов, органами, осуществляющими государственный санитарный надзор, охрану рыбных запасов, и другими органами в соответствии с законодательством РФ. Проекты строительства указанных предприятий подлежат согласованию.

В деле комплексного использования водных ресурсов и их охраны важную роль призваны играть требования к вводу в эксплуатацию новых и реконструированных объектов, влияющих на состояние вод. В настоящее время запрещена приемка в эксплуатацию предприятий, цехов и агрегатов, сбрасывающих сточные воды, без выполнения мероприятий, обеспечивающих очистку и обезвреживание этих вод.

Закрепляя указанное правило, Основы водного законодательства устанавливают условия, без соблюдения которых запрещается ввод в эксплуатацию объектов. В частности, **запрещается ввод в эксплуатацию** новых и реконструированных предприятий без очистных сооружений, предотвращающих загрязнение и засорение вод или их вредное воздействие; оросительных и обводнительных систем, водохранилищ и каналов до проведения мероприятий по предотвращению затопления, подтопления, заболачивания и т. п.; осушительных систем до готовности водоприемников и других сооружений; водозаборных сооружений без рыбозащитных устройств; гидротехнических сооружений до готовности устройств для пропуска паводковых вод и рыбы; буровых скважин на воду без оборудования их водорегулирующими

установками и установления в соответствующих случаях санитарной охраны.

Запрещается наполнение водохранилищ до осуществления мероприятий по подготовке ложа.

9.3. ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВОДНЫЙ ФОНД

Единый государственный водный фонд олицетворяет собой объект права исключительной государственной собственности на воды в РФ. Понятие водного фонда дает возможность установить круг предметов, состоящих в исключительной собственности государства, и выяснить сферу действия водного законодательства, ибо оно распространяется главным образом на отношения, возникающие по поводу водного фонда в целом или его отдельных элементов. Единый государственный фонд в РФ составляют все воды, а не вся вода. Основы водного законодательства проводят принципиальное различие между понятиями «вода» и «воды».

Важнейшая особенность воды по сравнению со многими другими элементами материального мира заключается в динамичности и взаимосвязанности всех запасов воды.

Единый государственный водный фонд делится на три части: первая часть — вода в составе атмосферы Земли, почвенная влага, вода в тканях животных и растений; вода, участвующая в круговороте (моря, реки, озера, водохранилища и др.); вода, циркулирующая в водопроводах, накопленная в резервуарах и т. п.

В состав первой части входит вода, которая по своему физическому состоянию и положению в пространстве не может самостоятельно выступать в качестве специфического материального блага. Эта вода является компонентом горных пород, входит в структуру почвы, участвуя в органических соединениях, образует материальную субстанцию тканей растительных и животных организмов и т. д. Такая вода не является и самостоятельным объектом отношений, в том числе отношений собственности. Поэтому не существует права собственности на атмосферную или почвенную влагу, воду, находящуюся в тканях животных и растений. Объектами отношений выступают сама атмосфера, почва, животные и растения, но не вода, находящаяся в них.

Вторая составная часть общего количества воды образует природные запасы воды, представляющие огромную материальную ценность для общества. Эти запасы служат удовлетворению питьевых и бытовых потребностей людей, используются в про-

мышленности, сельском хозяйстве и для других нужд. Они представляют собой специфическое материальное благо, выступают как объекты отношений и поддаются юридическому обозначению, состоят в исключительной собственности государства и образуют вещественное содержание понятия «воды».

Третью часть представляют собой неприродные запасы воды, отделенные от природной среды трудом людей и обращенные в товарно-материальную ценность.

Критерием разделения природных и неприродных запасов воды является факт добычи, в результате которой некоторая масса воды отделяется от природной среды.

С точки зрения юридической характеристики неприродных запасов воды их основная особенность заключается в том, что они не могут быть объектами права исключительной собственности государства, а переходят зачастую в собственность общественных организаций и граждан путем всякого рода правомерных сделок. Это обусловлено тем, что добытая вода используется как потребительский продукт или как сырье, на которое государство не может всегда сохранять свое право собственности. Так, минеральная вода в бутылках обычно покупается гражданами, приобретает в личную собственность перед потреблением или непосредственно в процессе потребления. Неприродные запасы воды (добытая вода) не охватываются понятием «воды».

Таким образом, к «водам» относятся природные запасы воды, выступающие в качестве самостоятельного материального блага, использование которого поддается целенаправленному регулированию. Для того чтобы при регулировании водных отношений в формулах правовых норм и актов каждый раз не перечислять виды вод, законодатель установил единое понятие — водный объект, которое символизирует тот или иной конкретный материальный предмет водных отношений. Водный объект — это река, озеро, море, ледник, подземный водоносный горизонт и т. п. Совокупность указанных водных объектов, находящихся на территории РФ, — это и есть «воды».

Категории и виды водных объектов, составляющих единый государственный водный фонд, различаются не по основному хозяйственному целевому назначению, как, например, категории земель, а по физико-географическому и государственно-политическим признакам.

В состав единого государственного водного фонда входит определенное количество точно поименованных рек (например,

Волга, Днепр, Обь, Енисей, Лена, Амур и т. д.), озер (Ладжское, Онежское, Байкал, Севан, Иссык-Куль) и т. д.

Изменения в водный фонд могут быть внесены хозяйственной деятельностью людей, искусственно создающих водные объекты.

Появляются иногда совершенно новые виды водных объектов, скажем, водоемы, образующиеся на месте бывших карьеров по добыче полезных ископаемых или строительных материалов. В связи с этим Основы водного законодательства не установили исчерпывающего перечня категорий и видов водных объектов, составляющих единый государственный водный фонд, оставив его открытым.

В отличие от единого государственного земельного фонда единый государственный водный фонд составляется из физико-географических объектов, которые отнесены к «водам» и официально признаны водными объектами. Точный и систематический учет вод приобретает исключительно важное значение в практике регулирования отношений собственности на воды, водопользования и охраны вод. Высшей формой учета является Государственный водный кадастр, который содержит данные, полностью и всесторонне характеризующие вещественный состав этого государственного фонда.

Государственный водный фонд определяется в законодательстве как единый. Иных фондов не существует.

9.4. ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОД

Рациональное использование и охрана вод в значительной мере зависят от эффективности государственного управления. Управление в области использования и охраны вод осуществляется исполнительными местными комитетами народных депутатов, а также специально уполномоченными на то государственными органами по регулированию использования и охране вод непосредственно или через бассейновые (территориальные) управления и иными государственными органами в соответствии с законодательством РФ.

Кроме органов общей компетенции, государственное управление осуществляется специализированными государственными органами, которые должны квалифицированно решать вопросы регулирования использования водных ресурсов и охраны вод.

Рациональное планирование развития экономики предусматривается с учетом многоплановых водохозяйственных балансов и природных особенностей вод бассейнов рек, озер, морей, экономических районов РФ.

На основе всесторонней научно-технической и экономической оценки водных ресурсов, перспективных планов развития народного хозяйства и водохозяйственных балансов разрабатываются **схемы комплексного использования и охраны вод**. Различают два основных вида схем — генеральные и бассейновые (территориальные). Генеральные схемы составляются на периоды большой продолжительности (10, 20 лет и более) для всей территории РФ. На основе генеральных схем разрабатываются схемы использования и охраны вод по бассейнам крупных рек и для территорий экономических районов.

Эти схемы дают возможность спланировать использование ресурсов поверхностных и подземных вод для обеспечения развития народного хозяйства и удовлетворения потребностей населения в воде, исключить возможность возникновения диспропорции между потребностью в воде и реальной возможностью удовлетворения такой потребности, не допустить загрязнения, засорения и истощения ресурсов природных вод.

Значение схем комплексного использования и охраны вод для планирования развития экономики страны возрастает в связи с определением водохозяйственных проблем, требующих специальной научно-технической и экономической разработки.

Схемы комплексного использования и охраны вод содействуют рациональному размещению новых промышленных, энергетических и других крупных народнохозяйственных объектов.

9.5. ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Право общего водопользования осуществляется без предварительного разрешения. На специальное водопользование требуется получение разрешения. Основным критерием разграничения здесь является применение сооружений и технических устройств, влияющих на состояние вод (изменение гидрологического, биохимического и химического режимов водных объектов).

По условиям предоставления объектов в специальное водопользование различают **совместное и обособленное пользование**. Наиболее распространено совместное водопользование. При обособленном водопользовании конкретный водный объект за-

крепляется за одним водопользователем и предназначен исключительно для потребностей указанного водопользователя.

В пользование предоставляются водные объекты, которые входят в состав единого государственного водного фонда. Пользование водой, не охватываемой понятием «воды», юридически не признается водопользованием. Например, некоторая часть природных запасов воды содержится в земной атмосфере в парообразном состоянии или в виде мелких кристаллов льда. Пользование атмосферной водой до выпадения осадков юридически не относится к водопользованию и не регламентируется правом, ибо эта вода является составной частью атмосферы Земли, не выступает в виде водных объектов и при существующем уровне развития производительных сил не поддается контролю со стороны общества, малодоступна для крупного хозяйственного использования. При этих условиях у законодателя нет экономически обоснованного интереса в правовом регулировании пользования запасами воды в атмосфере Земли.

Водное законодательство устанавливает единую классификацию видов водопользования по ряду признаков: в зависимости от хозяйственного целевого назначения использования водных объектов; по способу пользования водами; по техническим условиям водопользования; по условиям предоставления водных объектов в пользование и основаниям возникновения права водопользования.

Водные объекты предоставляются в пользование при соблюдении предусмотренных законом требований и условий для удовлетворения питьевых, бытовых, лечебных, курортных, оздоровительных и иных нужд населения, сельскохозяйственных, промышленных, рыбохозяйственных, транспортных и иных государственных и общественных надобностей. Может допускаться также использование водных объектов для сброса сточных вод (при соблюдении требований и условий).

Основы водного законодательства разграничивают **общее водопользование**, осуществляемое без применения сооружений и технических средств, влияющих на состояние вод, и **специальное водопользование**, осуществляемое с применением таких сооружений и устройств.

Специальное водопользование сильно влияет на состояние водных объектов, может привести к нарушению правил использования водных ресурсов и причинить вред отдельным водопользователям. Оно разрешается после проведения изыскатель-

ских и проектных работ, предварительного согласования основных условий пользования водами.

Общее водопользование в отличие от специального не оказывает такого воздействия на состояние водных объектов и поэтому не требует детального правового регулирования и постоянного контроля. Общее водопользование осуществляется без разрешения и без какого-либо оформления, за исключением случаев, когда право общего водопользования осуществляется на водных объектах, уже состоящих в обособленном пользовании.

Предусмотренные законодательством широкие возможности для общего водопользования обусловлены жизненными потребностями в воде населения, ограничение которых противоречит целям государства. Типичными случаями общего водопользования являются добыча воды отдельными гражданами при помощи простейших бытовых приспособлений, купание, водопой скота непосредственно на водоемах, любительское (спортивное) рыболовство и т. п.

Специальное водопользование осуществляется на основании разрешения, выдаваемого органами по регулированию водопользования и охране вод. Такие разрешения выдаются после согласования с органами, осуществляющими государственный санитарный надзор, охрану рыбных запасов, а также с другими заинтересованными органами. Порядок согласования и выдачи разрешений на специальное водопользование устанавливается Кабинетом министров РФ.

Основным критерием разграничения общего и специального водопользования является применение сооружений и технических устройств, влияющих на состояние вод, т. е. влекущих изменения гидрологического режима водных объектов.

9.6. РАЦИОНАЛЬНОЕ, КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОД

В регулировании отношений между водопользователями большое значение придается рациональному, комплексному использованию вод (водных объектов). Термины «рациональное» и «комплексное» использование вод не равнозначны.

Рациональное использование — это всестороннее научно обоснованное использование вод, обеспечивающее оптимально полезный эффект для общества в текущий период и в течение принятого периода расчетной перспективы при обязательном соблюдении всех требований водного законодательства. **Рациональное использование вод** — это цель правового регулирования

водных отношений. На это направлена деятельность государственных организаций и граждан. Вопросы рационального использования вод рассматриваются при размещении, проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию предприятий, сооружений и других объектов. Рациональное использование водных объектов является обязанностью всех водопользователей. Требования рационального использования вод установлены применительно к видам водопользования.

Комплексное использование — такое использование, при котором находят экономически оправданное применение все полезные свойства того или иного водного объекта для удовлетворения разнообразных потребностей всех заинтересованных водопользователей — населения и народного хозяйства. Комплексное использование вод имеет место при пользовании одним водным объектом несколькими водопользователями или одним водопользователем, но для нескольких целей. Комплексное использование вод не означает равного удовлетворения всех потребностей в воде. При комплексном использовании вод некоторым водопользователям отдается предпочтение сообразно с местными хозяйственными и природными условиями. При этом потребность населения в питьевой воде обеспечивается в первоочередном порядке.

Водное законодательство рекомендует разработку генеральных и бассейновых (территориальных) схем комплексного использования и охраны вод. В них определяются водохозяйственные и другие мероприятия, осуществляемые для удовлетворения перспективных потребностей в воде населения и народного хозяйства.

Большинство водоемов служат одновременно источниками хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения, транспортными путями, источниками энергии, производственной базой рыбного хозяйства, факторами оздоровительного и гигиенического значения и т. п. В их эксплуатации заинтересовано большое число государственных органов, коммунальных, промышленных, сельскохозяйственных, энергетических, рыбохозяйственных, транспортных и других предприятий, учреждений, организаций, а также население. Важно согласовать и совместить противоречивые интересы разнообразных водопользователей, чтобы водоснабжение не создавало помех транспорту и рыбному хозяйству и, наоборот, чтобы развитие гидроэнергетики не приводило к истощению рыбных запасов, не препятствовало использованию рек для других хозяйственных нужд и т. д.

Водное законодательство устанавливает обязанность для всех водопользователей в процессе пользования водами не допускать нарушения прав, предоставленных другим водопользователям, а также нанесения ущерба хозяйственным объектам и природным ресурсам (землям, лесам, полезным ископаемым и др.). Кроме того, соблюдается принцип комплексного использования вод.

Важным и исходным в принципе комплексного использования вод является прогнозирование, поэтому особое внимание уделяют государственным водохозяйственным балансам и схемам комплексного использования и охраны вод. Комплексное использование является разновидностью рационального использования вод. Однако рациональное использование вод в некоторых случаях обеспечивается, когда один водный объект используется одним водопользователем для единственной цели, т. е. при отсутствии комплексного использования.

9.7. ПРИОРИТЕТ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Вода расходуется населением на хозяйственно-бытовые нужды. Чем выше культура и санитарно-гигиенические условия жизни населения, тем выше (в определенных пределах) уровень потребления воды.

В нашей стране, обладающей большими запасами водных ресурсов, систематически проводятся санитарно-гигиенические и хозяйственно-технические мероприятия по улучшению состояния водоснабжения городов и населенных пунктов, а также ведется постоянный контроль за использованием водных ресурсов для питья и хозяйственно-бытовых нужд населения.

Основные требования к обеспечению водопользования населения регулируются в законодательном порядке. Действующее законодательство определяет общий порядок водопользования для питья и хозяйственно-бытовых нужд населения, предусматривает обязательные меры санитарной охраны источников водоснабжения, запрещает эксплуатацию предприятий, загрязняющих эти источники промышленными сточными водами, предъявляет особые требования к использованию подземных вод и т. п. Для оценки пригодности воды, используемой для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, разработан и утвержден государственный стандарт «Вода питьевая», определяющий совокупность требований к качеству воды. Пригодность того или иного водоема для использования в качестве источника водоснабжения также определяется по государственному стандар-

ту «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Правила выбора и оценки качества».

Население пользуется водой непосредственно из рек, озер, прудов, родников, ручьев и иных водных источников. При централизованном коммунальном водоснабжении используются специальные водозаборные, водоочистные, транспортирующие и распределительные сооружения и устройства.

В сельских населенных пунктах возрастает число централизованных систем водоснабжения населения, правовое регулирование и правовые формы которых не совпадают с правопорядком водопользования граждан.

Порядок устройства и эксплуатации водопроводов для централизованного питьевого, коммунально-бытового водоснабжения населения регулируется законодательными актами, правилами и инструкциями, издаваемыми органами коммунального хозяйства и здравоохранения, а также решениями местных властей. Вопросы, связанные с количеством воды, выбором водисточника и т. п., разрешаются при проектировании водопровода, а принятые по этим вопросам решения санкционируются государственными органами при утверждении проектов.

После завершения строительства и сдачи водопровода в эксплуатацию (органа коммунального хозяйства или предприятия) возникают права и обязанности по рациональному использованию водных ресурсов, соблюдению Правил технической эксплуатации водопроводов, а также обеспечению установленного режима санитарной охраны используемого источника водоснабжения в районе головного водозабора, в том числе поддержание требуемых условий в запроектированных зонах санитарной защиты.

Современное правовое регулирование водопользования для питья и хозяйственно-бытовых нужд населения в РФ имеет в своей основе два важнейших принципа: общедоступность природных запасов воды для всех граждан в целях максимального удовлетворения их личных потребностей; обеспечение всех необходимых мер охраны здоровья людей, связанных с использованием воды.

Водное законодательство предусматривает своеобразный приоритет водопользования для питья и хозяйственно-бытовых нужд населения перед другими водопользованиями. Это означает, что при использовании водного источника для различных надобностей водопользование для питья и хозяйственно-бытовых нужд населения не подлежит ограничениям в пользу промышленного, сельскохозяйственного, транспортного и других видов водопользования. Наоборот, если пользование водой для

промышленности, сельского хозяйства, транспорта препятствует использованию природных запасов воды для питья и хозяйственно-бытовых нужд населения, то оно может быть надлежащим образом ограничено.

Водные объекты предоставляются в пользование прежде всего для удовлетворения питьевых и бытовых нужд населения.

Нужды населения в питьевой воде удовлетворяются лучше всего за счет эксплуатации подземных вод. Поэтому Основы установили, что использование подземных вод питьевого качества для нужд, не связанных с питьевым и бытовым водоснабжением, как правило, не допускается. В районах, где отсутствуют необходимые поверхностные водные источники и имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, органы по регулированию использования и охране вод могут разрешить использование этих вод для целей, не связанных с питьем и бытовым водоснабжением.

В водном законодательстве установлено важное правило о недопустимости ухудшения условий питьевого и бытового водопользования населения.

Государственная власть на местах в случае стихийного бедствия, аварии и при других исключительных обстоятельствах, а также при перерасходе предприятием установленного лимита потребления воды из водопровода имеет право запрещать потребление для промышленных целей питьевой воды из коммунальных и временно ограничивать из ведомственных хозяйственно-питьевых водопроводов в интересах первоочередного удовлетворения питьевых и бытовых нужд населения.

Право пользования водами для питьевых и бытовых нужд обеспечивает абсолютно необходимые условия жизни человека. Недопустимость прекращения права пользования водами для питьевых и бытовых нужд (в качестве санкции за правонарушение) — одна из существенных правовых гарантий приоритета питьевого и бытового водопользования.

9.8. СБРОС СТОЧНЫХ ВОД

Моря, озера, реки и другие водоемы издавна используются для выпуска в них производственных и бытовых отходов. В прошлом, при невысоком уровне развития производительных сил, такое использование водоемов не угрожало обществу опасными последствиями и не требовало общего регулирования.

В настоящее время большое значение приобрела проблема охраны водоемов от загрязнения сточными водами промышленных предприятий и городов. Для ее решения потребовалось проводить разносторонние научные, хозяйственно-технические, санитарно-гигиенические и законодательные мероприятия.

Построены и эксплуатируются тысячи сооружений по очистке сточных вод. Некоторые предприятия добились высокой эффективности в эксплуатации очистных сооружений и выпускают в водоемы сточные воды с минимальным содержанием вредных примесей, соответствующим нормативным значениям ПДК. В результате санитарное состояние некоторых рек, озер, водохранилищ улучшилось. Однако еще немало предприятий продолжает выпускать в водоемы неочищенные сточные воды. Имеются случаи ввода в действие предприятий, не обеспеченных необходимыми водоочистными сооружениями.

Основы водного законодательства регламентируют сброс сточных вод как вид водопользования и устанавливают ряд условий и требований, направленных на устранение (предупреждение) загрязнения водоемов в результате сброса сточных вод. К ним относится запрет ввода в эксплуатацию новых предприятий, коммунальных и других объектов, не обеспеченных сооружениями, предотвращающими загрязнение и засорение вод или их вредное воздействие.

Установлены обязанности водопользователей, пользующихся водными объектами для промышленных целей, следует принимать меры к сокращению расхода воды и прекращению сброса сточных вод путем совершенствования технологии производства и схем водоснабжения. Строго регламентируется порядок сброса сточных вод как в поверхностные, так и в подземные водные объекты. Водными объектами для сброса промышленных, коммунально-бытовых, дренажных и других сточных вод можно пользоваться только с разрешения органов по регулированию использования и охране вод после согласования с органами, осуществляющими государственный санитарный надзор, охрану рыбных запасов, и другими заинтересованными органами. Это означает, что на каждый водовыпуск должно быть разрешение, удостоверяющее право на сброс сточных вод. В разрешении указывается, кому, в какой водоем, в каком месте и количестве разрешено сбрасывать сточные воды, вид сточных вод, их состав, температура, степень их очистки, возможные колебания размеров сброса вод во времени и другие условия.

Отступление от указанных в разрешении условий сброса сточных вод влечет за собой применение мер ответственности к виновным лицам, а также мер по пресечению незаконного сброса сточных вод.

Сброс сточных вод допускается только в случаях, если он не приведет к увеличению содержания в водном объекте загрязняющих веществ свыше установленных норм. В РФ установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Эти нормы позволяют определить расчетом условия сброса различных видов сточных вод. Таким образом, Основы водного законодательства устанавливают такой порядок сброса сточных вод, при котором может обеспечиваться охрана водных объектов и их комплексное использование.

9.9. ОТДЕЛЬНЫЕ ВИДЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Основы водного законодательства устанавливают положения применительно к отдельным видам водопользования: промышленному, сельскохозяйственному, транспортному, энергетическому и т. д. Промышленные водопользователи обязаны соблюдать планы, технологические нормы и правила водопользования, направленные на бережное расходование воды.

Основы водного законодательства ориентируют на нормирование потребного количества воды с учетом научно обоснованных норм расхода ее на производство единицы каждого вида выпускаемой продукции, а также предусматривают обязанность предприятий в снижении затрат воды на производственные нужды. Эффективной мерой сокращения расхода воды в производстве и уменьшения сброса неочищенных сточных вод являются системы оборотного водоснабжения. Для сельскохозяйственных водопользователей установлены права и обязанности по регулированию использования и охране вод. В частности, сельскохозяйственные и другие предприятия, организации, учреждения и граждане, пользующиеся водными объектами для нужд сельского хозяйства, обязаны соблюдать установленные планы, правила, нормы и режим водопользования, принимать меры к сокращению потерь воды на фильтрацию и испарение в мелиоративных системах, предупреждению нерациональных сбросов воды из них, не допускать попадания рыбы из рыбохозяйственных водоемов в мелиоративные системы, а также создавать наиболее благоприятный режим почвенной влаги.

Основы водного законодательства определяют условия пользования водными объектами для нужд водного транспорта и лесосплава. Основная юридическая особенность водных путей — их общедоступность. Реки, озера, водохранилища, каналы, внутренние моря и другие внутренние морские воды РФ, а также территориальные воды РФ являются водными путями общего пользования, за исключением случаев, когда их использование в этих целях полностью или частично запрещено либо они предоставлены в обособленное пользование. Режим путей общего пользования означает свободное (т. е. без особого каждый раз разрешения) передвижение судов и других плавучих средств, принадлежащих не только специализированным транспортным организациям, но любым предприятиям, учреждениям, организациям и гражданам. Этот правовой режим сходен с правовым режимом автомобильных дорог, передвижение по которым разрешено по закону всем владельцам транспортных средств.

Правовой режим общего пользования, установленный для внутренних водных путей, создает у каждого из предприятий, учреждений и граждан право пользоваться указанными путями. Однако он не означает бесконтрольного использования для транспортных целей наших рек, озер, водохранилищ и каналов, ибо для осуществления права пользования внутренними водными путями требуется в ряде случаев предварительное техническое освидетельствование и регистрация плавучих средств, а также соблюдение других условий.

Основы водного законодательства предусматривают правила о допустимости и ограничениях лесосплава. В частности, они запрещают молевой сплав леса, а также сплав древесины в пучках и кошелях без судовой тяги на судоходных путях и на водных объектах, используемых для рыбного хозяйства и водоснабжения.

Основы водного законодательства предусматривают обязательность соблюдения режима наполнения и сработки водохранилищ. Порядок эксплуатации водохранилищ определяется правилами, утверждаемыми органами по регулированию использования и охране вод для каждого водохранилища, каскада или системы водохранилищ по согласованию с органами, осуществляющими государственный надзор, охрану рыбных запасов, и другими заинтересованными органами.

9.10. ОХРАНА ВОД И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ИХ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Установление правовых норм охраны вод (водных объектов) от засорения, загрязнения и истощения, а также по предупреждению вредного воздействия вод — одна из главных целей Основ водного законодательства. Необходимость таких норм обусловлена развитием промышленности, сельского хозяйства и городов, которое вызывает резкий рост потребностей в использовании вод, приводит к существенному увеличению сточных и дренажных вод, загрязненных различными веществами.

В Основы водного законодательства все воды (водные объекты) подлежат охране от загрязнения, засорения и истощения, могущих причинить вред здоровью населения, а также повлечь уменьшение рыбных запасов, ухудшение условий водоснабжения и другие неблагоприятные явления вследствие изменения физических, химических, биологических свойств вод, снижения их способности к естественному очищению, нарушения гидрологического и гидрогеологического режима вод.

Предусмотрен также комплекс мер по охране вод от загрязнения и засорения. Кроме строгих ограничений к использованию водных объектов для сброса сточных вод установлены и другие ограничения. Так, полностью запрещается сброс в водные объекты производственных, бытовых и других видов отходов и отбросов, не допускается загрязнение и засорение поверхности водосборов и ледяного покрова водоемов отходами, отбросами и выбросами, смыв которых может повлечь ухудшение качества поверхностных и подземных вод. Для охраны вод, используемых для питьевого и бытового водоснабжения, лечебных, курортных и оздоровительных нужд населения, установлены специальные округа и зоны санитарной охраны. Это позволяет существенно упорядочить охрану вод в интересах удовлетворения потребностей в воде и обеспечения здоровья населения.

Наряду с охраной вод от загрязнения и засорения исключительно важно предотвратить истощение поверхностных и подземных вод. Нерациональное использование вод может нарушить процесс возобновления их ресурсов в отдельных речных и подземных бассейнах и, как следствие этого, повлечь за собой истощение вод. Особенно недопустимо истощение ресурсов подземных вод (наиболее ценных для питьевого водоснабжения)

вследствие их забора (откачки) в размерах, превышающих возможность естественного возобновления.

Для поддержания благоприятного водного режима рек, озер, водохранилищ, подземных вод и других водных объектов, для предупреждения водной эрозии почв и заиления водоемов, для уменьшения потерь и резких колебаний речного и подземного стоков Основами водного законодательства предусмотрено установление водоохранных зон лесов, обязательное проведение лесомелиоративных, противозерозийных, гидротехнических и других мероприятий. Главное же средство против истощения водных ресурсов — установление рационального, основанного на научных знаниях и расчетах режима эксплуатации водохозяйственных систем и сооружений (водозаборных, энергетических, водопропускных и др.).

Воды нередко становятся причиной значительных бедствий, которые могут нанести громадный ущерб человеку. Особенно опасны по масштабам и последствиям бедствия, вызываемые водами в связи с явлениями и процессами, происходящими в природе, которыми человек не только не умеет управлять, но и которые нередко не может своевременно предвидеть, — катастрофические наводнения и маловодья, прорывы высокогорных озер, изменение русл и разрушение берегов рек и ряд других). Результатом нерационального использования человеком поверхностных и подземных вод, недооценки законов природы или пренебрежения ими является водная эрозия почв, образование оврагов, заболачивание и засоление земель, периодическое затопление населенных пунктов и др.

Основы предусматривают обязанности предприятий, организаций и учреждений проводить мероприятия по предупреждению или ликвидации наводнений, затоплений и подтоплений; разрушения берегов, защитных дамб и других сооружений; заболачивания и засоления земель; эрозии почв, образования оврагов, оползней, селевых потоков и других вредных явлений.

Для предупреждения и борьбы с вредным воздействием вод предусматривают защитные лесонасаждения для борьбы с эрозией почвы, оползневыми и селевыми явлениями; применение противозерозийной агротехники, пастбищно-мелиоративные работы; водоохранное лесоразведение.

ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Автоматизированная система управления бассейном ВКХ — система с применением автоматизированных средств формирования и обработки информации, а также экономико-математических методов для регулярного решения основных задач оптимального распределения водных ресурсов.

Агроценоз — созданное с целью получения сельскохозяйственной продукции и регулярно поддерживаемое человеком биотическое сообщество, обладающее малой экологической надежностью, но высокой урожайностью (продуктивностью) одного или нескольких избранных видов (сортов, пород) растений или животных.

Агроценология — научная дисциплина об агроценозах, агроэкологии, рассматривающая в качестве цельного объекта вид или сорт, ради которого создается агроценоз.

Адаптация — 1) эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей (биол.); 2) любое приспособление органа, функции или организма к изменяющимся условиям среды (мед.).

Акватория — водное пространство, ограниченное естественными, искусственными или условными границами.

Аккумуляция загрязнителей организмами — накопление в живых организмах химических веществ, загрязняющих среду обитания. Например, поскольку объем поедаемой пищи за длительное время значительно превышает массу потребителя, а загрязнители не во всех случаях полностью выводятся из организма с выделениями, на каждом следующем уровне экологической пирамиды (трофической цепи) создается многократно более высокая концентрация стойких загрязнителей.

Аккумулирующая емкость (накопитель сточных вод) — сооружение для приема, сбора и усреднения расхода и состава сточных вод.

Альbedo — отражающая способность поверхности тела или системы тел, определяемая как часть (обычно в %) энергии падающего света. Различают интегральное (энергетическое) альbedo — для всего потока радиации и спектральное — для отдельных участков спектра радиации.

Аридный климат — сухой климат с высокими температурами воздуха и малым количеством атмосферных осадков (пустыни, полупустыни).

Ассимилирующая способность водного объекта — способность водного объекта принимать определенную массу веществ в единицу времени

без нарушения норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.

Аэрация — естественное или искусственное поступление воздуха в какую-нибудь среду (воду, почву и т. п.). Может производиться при помощи технических средств или путем ликвидации преграды (льда, масляной пленки и т. п.), препятствующей естественному доступу воздуха к поверхности воды. Аэрация воды — обогащение воды кислородом воздуха. Возможно применение для целей дезодорации вод питьевых источников, доочистки и окисления органики, находящейся в воде, как в питьевой, так и в сточной.

Баланс — количественное выражение отношений между сторонами какой-либо деятельности, которые должны уравнивать друг друга.

Бассейн поверхностного водного объекта (далее бассейн водного объекта) — территория, включающая водосборные площадки гидравлически связанных водоемов и водотоков, главный из которых впадает в море или озеро.

Безвозвратное водопотребление и потери — часть объема воды из водного объекта, расходуемая на изготовление (выращивание) продукта, испарение, фильтрацию, утечки и т. д. без возврата в этот водный объект.

Биогаз — смесь газов (метана 55...65 %, примеси азота, водорода, кислорода и сероводорода), образующаяся в процессе разложения сельскохозяйственных отходов (навоза, соломы) целлюлозными анаэробными организмами при участии бактерий метанового брожения. Способы получения известны с конца прошлого века.

Биогеоценоз — 1) относительно пространственно ограниченная, внутренне однородная природная система функционально взаимосвязанных живых организмов и окружающая их абиотическая среда, характеризующаяся определенным энергетическим состоянием, типом и скоростью обмена веществом и информацией. В экосистемно-таксономическом смысле при таком понимании биогеоценоз — элементарная экосистема и геосистема; 2) по первоначальному определению В.Н. Сукачева — совокупность однородных элементов на определенном участке поверхности Земли; 3) участок биосферы, через который не проходит ни одна существенная биоценотическая и геохимическая граница, т. е. элементарная биохорологическая единица биосферы.

Биоценоз коренной — соответствующий географическим (природно-антропогенным) условиям местности и почти не нарушенный человеческой деятельностью.

Биоценоз производный — один из биогеоценозов ряда сукцессии.

Биогеоценология — научная дисциплина, исследующая закономерности формирования, функционирования и развития биогеоценозов.

Биологическое тестирование воды — метод оценки и контроля качества воды по основным реакциям водных организмов, являющихся тест-объектами.

Биом — крупное системно-географическое (экосистемное) подразделение в пределах природно-климатической зоны, например биом влажных тропических лесов.

Биомасса — количество живого вещества тех или иных организмов (популяций видов, групп видов, отдельных живых экологических компонентов, сообществ в целом), выраженное в единицах массы или энергии, на единицу площади или объема. Определяют биомассу консументов — продуцентов и редуцентов.

Биоочистка (биологическая очистка) — удаление посторонних или вредных агентов из вод и почв с помощью живых организмов, способствующих фильтрации и/или разложению этих примесей и восстановлению первичных свойств среды.

Биосфера — нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы Земли, населенные живыми организмами, — «область существования живого вещества» (В.И. Вернадский), активная оболочка Земли, в которой совокупная деятельность живых организмов проявляется как геохимический фактор планетарного масштаба.

Вода — химическое вещество, соединяющее водород и кислород, существующее в жидком, твердом и газообразном состоянии.

Воды — вся вода, находящаяся в водных объектах.

Водный объект — сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющих границы, объем и черты водного режима.

Водный режим — изменение во времени уровней, расходов и объемов воды в водных объектах.

Водные ресурсы — запасы поверхностных и подземных вод, находящиеся в водных объектах, которые используются или могут быть использованы.

Водный фонд — совокупность водных объектов в пределах территории Российской Федерации, включенных или подлежащих включению в водный кадастр.

Водоотведение (сброс сточных вод) — удаление сточных вод за пределы населенного пункта, предприятия или других мест использования. Сточные воды отводятся в водоемы, подземные горизонты или бессточные впадины на очистку, а также на очистные сооружения других организаций.

Водопользование — порядок, условия и формы использования водных ресурсов: 1) использование водных объектов для удовлетворения любых нужд населения и народного хозяйства; 2) использование воды в хозяйственных или бытовых целях без отвода ее из водотока, путем механического использования (например, гидроэлектростанции, водяные мельницы). Водопользование без изменения качественного состава воды (очень редко) и с изменением ее качества.

Водопользователь — гражданин или юридическое лицо, которому предоставлены права пользования водными объектами.

Водопотребитель — гражданин или юридическое лицо, получившее в установленном порядке от водопользователя воду для обеспечения своих нужд.

Водопотребление — потребление воды из водного объекта или систем водоснабжения. Различают возвратное водопользование и безвозвратное, т. е. с возвращением забранной воды в водотоки и с расходом ее на фильтрацию, испарение и т. д.

Водосборная площадь — территория, сток с которой формирует водный объект.

Водоснабжение — совокупность мероприятий, имеющих целью подачу поверхностных или подземных вод потребителям в требуемых количествах и соответствующего качества.

Водный кадастр — систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны. Включает гидрологическую изученность основных гидрологических характеристик и ресурсы поверхностных вод.

Водный кодекс — систематизированный законодательный акт, регулирующий отношения по охране и использованию водных объектов.

Водный режим — изменение во времени уровней и объемов воды в реках, озерах и болотах. В реках выделены фазы половодья, межения, паводка, ледостава, ледохода.

Водоток — массы перемещающиеся в русле воды (ручей, река и т. п.); различают временные и постоянные водотоки.

Водоохранная зона — прибрежная полоса (зона) строгого ограничения хозяйственной деятельности, предназначенная для охраны водных объектов от загрязнения, засорения и истощения.

Водохозяйственный баланс (ВХБ) — соотношение между наличием водных ресурсов и их потреблением в пределах одного или нескольких речных бассейнов. Он отражает сложные взаимодействия водных ресурсов, формирование которых обусловлено природными и антропогенными факторами, с потребностями в воде человеческого общества, определенными экономическими, технологическими и социальными факторами. Различают четыре вида ВХБ — отчетные, оперативные, плановые и перспективные.

Водохозяйственный комплекс — совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна.

Водное законодательство — комплекс правовых норм, регулирующих отношения, связанные с использованием и охраной водных ресурсов.

Водное хозяйство — отрасль народного хозяйства, занимающаяся изучением, учетом, планированием комплексного использования, охраной вод от загрязнения и истощения, транспортировкой их к месту назначения (потребления). Водное хозяйство имеет целью использование поверхностных и подземных вод для нужд населения и всех отраслей народного хозяйства. В его сферу входит также борьба с разрушительным действием водной стихии, наводнениями, селевыми (грязевыми) выносами, оползнями, размывом берегов водохранилищ.

Водные объекты — моря, реки, озера, болота, водохранилища и другие формы сосредоточения воды на поверхности суши (например, в виде снежного покрова), для изучения режима которых применяются гидрологические методы измерения и анализа.

Водохозяйственный объект — сооружение, связанное с использованием, восстановлением и охраной водных объектов и их водных ресурсов.

Водозабор — комплекс сооружений и устройств для забора воды из водных объектов.

Вредное воздействие вод — затопление, подтопление и другое вредное влияние поверхностных и подземных вод на определенные территории и объекты.

Водохозяйственная деятельность — деятельность граждан и юридических лиц, связанных с использованием и охраной водных объектов.

Водные ресурсы — пригодные для использования в народном хозяйстве воды рек, озер, каналов, водохранилищ, морей и океанов, подземные воды, почвенная влага, вода (льды) ледников, водяные пары атмосферы. Общие запасы 1454,3 млн км³ (из них 2 % — пресные воды, а доступны для использования 0,3 %). При рациональном использовании они непрерывно возобновляются в процессе влагооборота.

Водный баланс — соотношение между приходом и расходом воды в природных условиях.

Водный баланс Земли — соотношение, связывающее количество воды, поступающей на поверхность земного шара в виде осадков, и количество воды, испаряющейся с поверхности суши и Мирового океана за определенный период времени. Годовое количество осадков равно 1020 мм, испарение с поверхности Мирового океана — 880 мм и с суши — 140 мм.

Водохранилище — водоем с практически стоячей водой, обычно значительного размера, искусственно созданный в русле реки или пониженной земной поверхности путем устройства плотины, перемычки, выемки грунта и т. д.

Вода технически свежая — вода природного источника, подаваемая для производственных целей (очищенная или неочищенная); может подаваться непосредственно потребителям или на восстановление потерь воды в системах оборотного водоснабжения.

Вода условно чистая — сточная вода, допустимая к использованию в производственных системах водоснабжения без дополнительной очистки. Относят сточные воды к условно чистым по согласованию с органами по регулированию использования и охране вод.

Гидрограф — график изменения во времени расхода воды в створе реки.

Гидрографическая сеть — совокупность рек и других постоянно и временно действующих водотоков, а также водоемов на какой-либо территории.

Гидрологический сезон — одна из фаз водного режима природных водных объектов, границы которой определяются датами гидрологических явлений для данной местности: смены преимущественно подзем-

ного питания водного объекта на поверхностное и наоборот, наступление и завершение периода ледостава и переход температуры воды у поверхности через 10 °С.

Гидросфера — совокупность всех вод Земли (глубинных, почвенных, поверхностных, материковых, океанических и атмосферных). Как особая земная оболочка рассматриваются лишь воды, находящиеся на поверхности планеты (материковые и океанические).

Гидрохимический режим — изменение химического состава воды водного объекта во времени.

Государственный учет использования вод — систематическое определение и регистрация в установленном порядке количества и качества забираемых и сбрасываемых вод водопользователем.

Демографическая емкость — максимальное число жителей, которое может быть размещено в ее границах при условии обеспечения наиболее важных повседневных потребностей населения ресурсами с учетом сохранения экологического равновесия.

Дожди кислотные (кислотные осадки) — дождь и снег, подкисленные из-за растворения в атмосферной влаге промышленных выбросов (SO_2 , NO_2 , HCl). Осадки, в свою очередь, подкисляют водоемы и почву, что приводит к гибели рыбы, других водных организмов и резкому снижению прироста лесов.

Дренажные воды — вода, собираемая дренажными сооружениями и сбрасываемая в водные объекты.

Емкость рекреационная — размер способности привлекательной для отдыха территории и акватории обеспечивать некоторому числу отдыхающих психофизиологический комфорт и спортивно-укрепляющую деятельность без деградации природной среды (ландшафта) или антропокультурных комплексов (сельскохозяйственных, лесных, исторических, архитектурных) и быстрого износа специального оборудования (в том числе настилов, дорожек).

Загрязнение — 1) привнесение в среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических или биологических агентов или превышение в рассматриваемое время естественного среднесуточного уровня (в пределах его крайних колебаний) концентрации перечисленных агентов в среде; 2) увеличение количества физических, химических или биологических агентов сверх недавно наблюдавшейся нормы (например, помутнение речных вод после дождя). Загрязнение может возникать в результате естественных причин (загрязнение природное) и под влиянием деятельности человека — загрязнение антропогенное.

Загрязнение водных объектов — сброс или поступление иным способом в водные объекты, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов.

Загрязняющее воду вещество, загрязняющее вещество — вещество в воде, вызывающее нарушение норм качества воды.

Засорение водных объектов — сброс или поступление иным способом в водные объекты предметов или взвешенных частиц, ухудшающих состояние и затрудняющих использование водных объектов.

Замкнутая система водоснабжения и водоотведения — система промышленного водообеспечения, в которой все сточные и продувочные воды после соответствующей их очистки от всякого рода загрязнений возвращаются для повторного использования в систему водоснабжения, при этом полностью исключается сброс сточных и других вод в водоемы или водотоки.

Зона зеленая — 1) территория за пределами городской черты, занятая лесами и лесопарками, выполняющими защитные и санитарно-гигиенические функции и являющиеся местом отдыха населения; 2) широкий пояс озеленения вокруг города или другого населенного пункта, где сохраняются древесная растительность, кустарники, травяной покров и животный мир в целях создания условий для очистки среды от загрязнения, обогащения воздуха кислородом и поддержания условий для отдыха населения.

Зона начального разбавления — относительное расстояние между оголовками рассеивающего выпуска.

Инженерная защита — комплекс инженерных сооружений, инженерно-технических, организационно-хозяйственных и социально-правовых мероприятий, обеспечивающих защиту объектов народного хозяйства и территории от затопления и подтопления, берегообрушения и оползневых процессов.

Использование водных объектов — получение различными способами пользы от водных объектов для удовлетворения материальных и иных потребностей граждан и юридических лиц.

Источники загрязнения — объекты, с которых осуществляется сброс или иное поступление в водные объекты вредных веществ, ухудшающих качество поверхностных и подземных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и берегов водных объектов (Водный кодекс РФ).

Истощение вод — устойчивое сокращение запасов и ухудшение качества поверхностных и подземных вод.

Канцероген — вещество или физический агент, способный вызывать развитие злокачественных новообразований или способствующий их возникновению.

Качество воды — характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее к конкретным видам водопользования.

Контроль качества вод — проверка соответствия показателей качества вод установленным нормам и требованиям.

Контрольный створ — поперечное сечение водного потока, в котором контролируется качество воды.

Коэффициент весомости — количественная характеристика значимости данного параметра среди других параметров, входящих в показатель.

Коэффициент стока — отношение объема поверхностного стока на водосборной поверхности в течение одного дождя к общему объему осадков, выпавших за время этого дождя на данной территории.

Коэффициент стока общий — коэффициент стока, учитывающий количество поверхностного стока (слой стока или объем), поступающего в систему дождевой канализации за определенный период времени (сутки, месяц, сезон, год), от всей суммы атмосферных осадков, в том числе и от малоинтенсивных, выпавших за этот период.

Кризис экологический — критическое состояние окружающей среды, угрожающее существованию человека, вызванное хищническим использованием основных природных ресурсов (воды, воздуха, почвы, растительного и животного мира) и загрязнением окружающей среды.

Лимитирующий показатель вредности — признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде.

Лицензия на водопользование — специальное разрешение на пользование водными объектами или их частями на определенных условиях.

Локальные очистные сооружения — сооружения и устройства, предназначенные для очистки сточных вод абонента (субабонента) перед их сбросом (приемом) в систему коммунальной или дождевой канализации.

Мониторинг — слежение за какими-то объектами или явлениями в приложении к среде жизни — слежение за ее состоянием и предупреждение о создающихся критических ситуациях (повышение уровня загрязнения воды свыше ПДК и т.п.), вредных или опасных для здоровья людей, других живых существ, их сообществ, природных и антропогенных объектов (в том числе сооружений).

Нормы качества воды — установленные значения показателей качества для конкретных видов водопользования.

Нормы состава сточных вод — перечень веществ, содержащихся в сточных водах, и их концентрации, установленные нормативно-технической документацией.

Обеспеченность — вероятное число лет в процентах от всего периода, когда гарантированная подача воды будет обеспечена полностью.

Оборотное водоснабжение — система технического водоснабжения с рециркуляцией отработанной воды или без нее при условии многократного использования воды в том же технологическом производстве промышленного предприятия.

Обособленный водный объект (замкнутый водоем) — небольшой по площади и непроточный искусственный водоем, не имеющий гидравлической связи с другими поверхностными водными объектами.

Объекты инженерной защиты — отдельные сооружения инженерной защиты территории, обеспечивающие защиту народнохозяйственных объектов, населенных пунктов, сельскохозяйственных земель и природных ландшафтов от затопления и подтопления.

Опасные вещества — вещества, являющиеся токсичными, канцерогенными, мутагенными, тератогенными или биоаккумулируемыми, особенно когда они являются стойкими.

Оптимизация параметров — установление таких значений параметров и такого их изменения во времени, при котором достигается максимальная в определенных условиях эффективность. Различают статическую, квазистатическую и динамическую оптимизации. Оптимизация *статическая* — оптимизация без учета будущих изменений входных данных; *квазистатическая* — оптимизация, при которой входные данные вычисляются путем некоторого осреднения; *динамическая* — оптимизация с учетом будущих изменений во времени.

Охрана водных объектов — деятельность, направленная на сохранение и восстановление водных объектов.

Охрана водных ресурсов — мероприятия, направленные на сохранение количества и качества поверхностных и подземных вод.

Охрана природы — 1) система мер, направленная на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей природной средой, обеспечивающая сохранение и восстановление природных ресурсов, предупреждающая прямое и косвенное отрицательное влияние результатов деятельности общества на природу и здоровье человека; 2) комплексная дисциплина, разрабатывающая общие принципы и методы сохранения и восстановления природных ресурсов. Включает основные и основополагающие разделы: охрана земель, вод, воздуха, растительного мира и природных комплексов.

Площадь стока (водосбора) — территория, поверхностный сток с которой поступает в сеть дождевой канализации.

Поверхностные воды — воды, поступающие постоянно или временно находящиеся в поверхностных водных объектах.

Поверхностные сточные воды (дождевые, талые, поливомоечные) — воды, поступающие в водный объект с загрязненной застроенной территории по самостоятельной дождевой сети водоотведения в результате выпадения атмосферных осадков, полива и мойки территории.

Подземные воды — воды, в том числе минеральные, находящиеся в подземных водных объектах.

Поверхностный водоток — поверхностный водный объект с непрерывным движением вод.

Поверхностный водоем — поверхностный водный объект, представляющий собой сосредоточение вод с замедленным водообменом в естественных или искусственных впадинах.

Пользование водным объектом (водопользование) — юридически обусловленная деятельность граждан и юридических лиц, связанная с использованием водных объектов.

Подтопление — повышение уровня подземных вод и увлажнение зоны аэрации, приводящие к нарушению хозяйственной деятельности человека на данной территории, изменению физических и физико-химических свойств подземных вод, преобразованию почвогрунтов, видового состава, структуры и продуктивности растительного покрова, трансформации мест обитания животных.

Показатель качества функционирования — математическое ожидание характеристики качества функционирования системы в данный момент

времени. Характеристика качества функционирования системы в оправдательном ее состоянии при выполнении данной задачи.

Поле Земли магнитное — общеземное свойство, близкое свойству однородно намагниченной сферы (диполя). Ось магнитного поля Земли направлена под углом 12° к оси вращения планеты. Имеются региональные магнитные аномалии различных знаков. Организмы четко реагируют на изменение напряженности магнитного поля, однако точки зрения специалистов на степень влияния поля Земли на окружающую среду неоднозначны.

Поле Земли радиоволновое — высокочастотное электромагнитное поле, создаваемое радиостанциями и радиоизлучением планет и звезд. Взаимодействует с электромагнитными полями, создаваемыми живыми существами. Роль такого взаимодействия недостаточно ясна.

Поле электромагнитное — слабое физическое поле, возникающее на Земле в целом и регионально на ее поверхности, а также создаваемое живыми организмами (их клетками, тканями и т. д.) Взаимодействие электромагнитных полей интенсивно изучается. Роль их в жизни природы велика, но недостаточно изучена.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) — объем (количество) вещества за единицу времени, превышение которого ведет к неблагоприятным последствиям в окружающей природной среде или опасно для здоровья человека (ведет к превышению предельно допустимой концентрации (ПДК) в окружающей среде).

Предельно допустимая концентрация вещества в воде (ПДК) — концентрация вещества в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

Предельно допустимый сброс — масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

Распорядительная лицензия — специальное разрешение на распоряжение в установленном порядке правами пользования водными объектами.

Рекреация — восстановление здоровья и трудоспособности человека путем отдыха вне жилища — на лоне природы или во время туристической поездки, связанной с посещением интересных для образования мест, в том числе национальных парков, архитектурных памятников, музеев и т. п.

Рекультивация — искусственное восстановление плодородия почвы и растительного покрова после техногенного нарушения природы (открытыми горными разработками и т. п.).

Репродуктивная способность объекта — способность воспроизводить основные элементы окружающей природной среды — атмосферный кислород, воду, почвенно-растительный покров.

Рециркуляция сточных вод — повторное возвращение сточных вод в процесс очистки и использования.

Самоочищение воды — совокупность природных процессов, направленных на восстановление экологического благополучия водных объектов.

Самоочищающая способность водоемов, почвы и т. д. — ликвидация загрязнений абиотическими факторами среды в ходе жизнедеятельности природных организмов. Длительность самоочищения резко меняется в зависимости от географического места; в маргинальных зонах и на Севере оно идет очень медленно. Для многих стойких загрязнителей самоочищающая способность природы равна нулю.

Сброс предельно допустимый (ПДС) — масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте. ПДС устанавливается с учетом ПДК веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды.

Свойства вод — совокупность физических, химических, физико-химических, органолептических, биохимических и других свойств воды.

Сообщество — система совместно живущих в пределах некоторого объема пространства автотрофных и гетеротрофных организмов. Может рассматриваться отдельно сообщество растений (фитоценоз) и сообщество животных (зооценоз).

Состав воды — совокупность примесей в воде минеральных и органических веществ в ионном, молекулярном, комплексном, коллоидном и взвешенном состояниях, а также изотопный состав содержащихся в ней радионуклидов.

Система — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство. Исследование систем проводится в рамках системного подхода, основной процедурой в котором является построение обобщенной модели, отображающей взаимосвязи реальной ситуации.

Система водоснабжения — комплекс сооружений, включающих водозаборы, водоотводы, насосные станции, очистные сооружения, водопроводную сеть и регулирующие резервуары.

Системы инженерной защиты территории от затопления и подтопления — гидротехнические сооружения различного назначения, объединенные в единую территориальную систему, обеспечивающую инженерную защиту территории от затопления и подтопления.

Система водоотведения — комплекс инженерных сооружений предназначенных для сбора, отведения за пределы населенных мест и промышленных предприятий сточных вод, их очистка и обеззараживание.

Система природная — пространственно ограниченная совокупность функционально взаимосвязанных живых организмов и окружающей среды, характеризующаяся определенными закономерностями энергетического состояния, обмена и круговорота веществ.

Система дождевой канализации — комплекс инженерных сооружений, обеспечивающих прием, очистку и отведение дождевых талых и

поливомоечных вод с селитебных территорий и площадок предприятий.

Створ начального разбавления — поперечное сечение потока, отстоящее от оголовка рассеивающего выпуска на величину длины зоны начального разбавления.

Степень атмосферного увлажнения территорий (коэффициент подземного стока) — доля атмосферных осадков, впитываемых почвой и питающих подземные воды данного района и территории.

Сточные воды — воды, использованные на какие-либо нужды и при этом изменившие свои физические и химические свойства и сбрасываемые в установленном порядке в водные объекты после их использования или поступившие с загрязненной территории.

Среда, окружающая человека, природная — 1) совокупность естественных или измененных деятельностью людей абиотических и биотических факторов, оказывающих влияние на человека. Отличается от других составляющих, окружающих человека, свойством самоподдержания и саморегулирования без корректирующего воздействия человека; 2) часть природы, влияющая на человечество, его группы и отдельных людей (материально-энергетически, информационно-психически и социально-экономически); 3) комплекс абиотической и биотической сред, влияющий на человека и его хозяйство, сочетание природных природно-антропогенных тел и явлений (факторов), оказывающих непосредственное и опосредствованное воздействие на человека (включая его здоровье) и естественно-ресурсные экономические показатели функционирования народного хозяйства в настоящем и будущем.

Тариф на воду — стоимость хозяйственных мероприятий по изучению, оценке, охране водных ресурсов, а также мероприятий для обеспечения потребностей в воде народного хозяйства (регулирование и переброска стоков, создание, содержание и эксплуатация водохозяйственных систем, благоустройство водных источников, забор, транспортировка и подготовка воды, ее распределение между потребителями и др.). Устанавливаются дифференцированно, способствуют внедрению безводных технологий производства.

Токсичность воды — способность воды вызывать нарушения жизнедеятельности водных организмов за счет присутствия в ней вредных веществ.

Управление водными ресурсами — проведение специальными государственными органами учета и распределения пользования водными ресурсами, а также контроля за соблюдением норм и правил водопользования.

Фоновая концентрация — рассчитываемая применительно к данному источнику примесей в фоновом створе водного объекта при расчетных гидрологических условиях, учитывающая влияние всех источников примесей, за исключением данного источника.

Фоновый створ — поперечное сечение водного потока, в котором определяются фоновые концентрации веществ в воде объекта.

Экология — 1) часть биологии, изучающая отношения организма (особи, популяций, биогеноза и т. п.) и окружающей среды; включает

экологию особей (аутэкология), популяций (популяционная экология, дэмэкология) и сообществ (синэкология); 2) дисциплина, изучающая общие законы функционирования экосистем различного иерархического уровня; 3) комплексная наука, исследующая среду обитания живых существ (включая человека); 4) область знания, рассматривающая некую совокупность предметов и явлений с точки зрения объекта (как правило, живого или с участием живого), принимаемого за центральный в этой совокупности. Изучение общих закономерностей взаимоотношений природы и общества выделяют в особое направление — экологию человека.

Экологическое благополучие водного объекта — нормальное воспроизведение основных звеньев экологической системы водного объекта.

Элемент системы — часть системы, выполняющая определенные функции и не подлежащая расчленению на части при данной степени подробности рассматриваемой системы (детали, узлы, агрегаты, машины, простые системы).

Эвтрофирование (эвтрофикация, эвтрофия) вод — 1) повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных (природных) факторов; 2) антропогенное повышение биологической продуктивности водных экосистем в результате обогащения их питательными веществами, поступающими в результате человеческой деятельности.

Эффект выходной — полезный результат, полученный при эксплуатации системы за данный интервал времени. Количественная оценка выходного эффекта с учетом эксплуатационных затрат в конкретной ситуации называется показателем эффективности.

Эффект — полное или частичное достижение определенных экономических, технических, экологических и социальных целей.

ЛИТЕРАТУРА

Законодательная и нормативная

1. Водный кодекс РФ от 16 ноября 1995 г. № 167-ФЗ.
2. Закон РФ «Об экологической экспертизе» от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ.
3. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ.
4. Руководство Минприроды РФ о порядке проведения ОВОС при выборе площадки, разработке ТЭО и проектов строительства (реконструкции, расширения и технического перевооружения) хозяйственных объектов и комплексов. — М., 1992.
5. Временные правила охраны окружающей природной среды от отходов производства и потребления в РФ. 15.07.94.
6. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий и расчету условий выпуска его в водные объекты. ВНИИ «ВОДГЕО», ВНИИВО. — М., 1983.
7. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. 28.06.95, № 100.
8. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. — М.: Минздрав СССР, 1984.
9. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. Федеральное агентство РФ по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (РОССТРОЙ). НИИ «ВОДГЕО». — М., 2006.
10. Правила охраны поверхностных вод. М., 1991.
11. Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации. Постановление правительства РФ от 12 февраля 1999 № 167.
12. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное назначение. Приказ Роскомрыболовства от 28 июня 1999 г. № 96.
13. ГН 2.1.6.695—98. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
14. ГН 2.1.6.696—98. ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
15. ГН 2.1.5.1315—03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы.

16. ГН. 2.1.5.1316—03. Ориентировочно допустимые уровни (ЩДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы.
17. ГОСТ 17.1.3.13—86. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
18. ГОСТ 27065—86. Качество вод. Термины и определения.
19. ГОСТ 19179—73. Гидрология суши. Термины и определения.
20. ГОСТ 17.1.1.01—77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
21. ГОСТ 17.1.13—86. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов.
22. ГОСТ 12.1.003—83. Шум. Общие требования.
23. ОНТП-01—91/Росавтотранс. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта.
24. СанПиН 2.1.5.98—00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.
25. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200—03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
26. СанПиН 2.2.12.1.1200—03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.
27. СН 2.2.4/2.1.8.562—96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
28. СНиП II-12—77. Нормы проектирования. Защита от шума.
29. СНиП 11-01—95. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.
30. СНиП 2.04.03—85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
31. СНиП 23-01—99. Строительная климатология.

Учебная

32. Алексеев М.И., Курганов А.М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. — М.: АСВ, СПб.: СПбГАСУ, 2000.
33. Инженерная защита окружающей среды. Очистка вод. Утилизация отходов/Под ред. Ю.А. Бирмана, Н.Г. Вурдова. — М.: АСВ, 2002.
34. Лукьянчиков Н.Н., Потравный И.М. Экономика и организация природопользования. — М.: Тройка, 2000.
35. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. — М.: Финансы и статистика, 2000.
36. Цветкова Л.И., Алексеев М.И. и др. Экология. — М.: Изд-во АСВ, 1999.
37. Яковлев С.В., Прозоров И.В., Иванов Е.Н., Губий И.Г. Рациональное использование водных ресурсов. — М.: Высшая школа, 1991.
38. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Водоотводящие системы промышленных предприятий/Под ред. С.В. Яковлева. — М.: Стройиздат, 1990.
39. Яковлев С.В., Волков Л.С., Воронов Ю.В., Волков В.Л. Обработка и утилизация осадков производственных сточных вод. — М.: Химия, 1999.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	6
Глава 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	8
1.1. Распределение воды на Земле	8
1.2. Водные ресурсы Российской Федерации	13
1.3. Состояние и перспективы использования водных ресурсов	23
1.4. Экология пресных поверхностных вод	26
Глава 2. ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД	33
2.1. Физико-химические свойства воды	33
2.2. Показатели качества природной воды	42
2.3. Требования водопользователей к качеству воды	49
2.4. Факторы, воздействующие на качество воды	53
2.5. Влияние гидрологических и метеорологических факторов на качество воды	54
2.6. Фоновые воды и их качественные показатели	56
2.7. Загрязнение рек и водоемов вредными веществами	58
Глава 3. КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	60
3.1. Водохозяйственный комплекс	61
3.2. Водопользование в промышленности и теплоэнергетике	64
3.3. Водоснабжение и водоотведение городов и населенных мест	94
3.4. Водопользование в сельском хозяйстве	103
3.5. Использование водной энергии	119
3.6. Водный транспорт и лесосплав	122
3.7. Рыбохозяйственное водопользование	127
3.8. Водные рекреации	134
Глава 4. ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ	141
4.1. Влияние антропогенной деятельности на водные ресурсы	141
4.2. Источники загрязнения природных вод	153
4.3. Допустимая антропогенная нагрузка на водные ресурсы	160
4.4. Условия выпуска сточных вод в водоемы	165
4.5. Степень очистки производственных сточных вод	167
4.6. Мероприятия по сохранению и восстановлению чистоты водоемов	167
4.7. Прогнозирование состояния водных ресурсов с учетом водоохран- ных мероприятий	180
Глава 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ	183
5.1. Охрана водных ресурсов	183
5.2. Организационные формы контроля качества воды	194
5.3. Оценка качественного состояния водных объектов	198
5.4. Методы анализа воды	204
5.5. Измерение качественных параметров воды	208

Глава 6. ОСНОВНЫЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ	214
6.1. Проблемы рационального использования воды	216
6.2. Основные проблемы водообеспечения и охраны водных ресурсов	230
6.3. Экологический подход к охране водных ресурсов	233
6.4. Экологическая ситуация в бассейне реки Волги	237
6.5. Использование восполняемых подземных вод	240
Глава 7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	250
7.1. Основные фонды водохозяйственного комплекса	251
7.2. Капитальные вложения	252
7.3. Эксплуатационные расходы	255
7.4. Определение эффективности капитальных вложений	256
7.5. Основы технико-экономического анализа водохозяйственных систем	259
7.6. Определение экономического ущерба водным ресурсам от загрязне- ния окружающей среды	261
7.7. Определение экономической эффективности при внедрении новой техники	268
7.8. Определение эффективности затрат на водоохранные мероприятия	270
7.9. Расчет платы за воду	295
Глава 8. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	299
8.1. Организация управления в области использования и охраны вод	299
8.2. Государственный учет и водный кадастр	302
8.3. Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов. Государственные программы по использованию и охране водных объектов	304
8.4. Водохозяйственные балансы	312
8.5. Водохозяйственные балансы на дальние прогнозы. Методические основы составления ВХБ	317
8.6. Отчетные водохозяйственные балансы. Методические основы со- ставления ВХБ	323
8.7. Управление водохозяйственным комплексом бассейна	333
8.8. Плата за пользование водными объектами	337
8.9. Экологический паспорт	341
8.10. Экологическая экспертиза	344
Глава 9. ВОДНЫЙ КОДЕКС РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	347
9.1. Экологическая политика	347
9.2. Задачи водного кодекса	348
9.3. Единый государственный водный фонд	352
9.4. Государственное управление и контроль в области использования и охраны вод	354
9.5. Водопользование	355
9.6. Рациональное, комплексное использование вод	357
9.7. Приоритет водоснабжения населения	359
9.8. Сброс сточных вод	361
9.9. Отдельные виды водопользования	363
9.10. Охрана вод и предупреждение их вредного воздействия	365
ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	367
ЛИТЕРАТУРА	380

