

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Тольяттинский государственный университет

Самарский федеральный исследовательский центр РАН

Институт экологии Волжского бассейна РАН

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ВОДНОЙ СРЕДЫ

Электронное
учебное пособие



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный
университет», 2021

ISBN 978-5-8259-1036-9

УДК 888.89

ББК 38.761

Авторы:

К.В. Беспалова, И.А. Лушкин, А.В. Селезнева, В.А. Селезнев

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор, начальник БРИЗОИС

ПАО «Тольяттиазот» *С.В. Афанасьев;*

канд. техн. наук, доцент, доцент Тольяттинского
государственного университета *М.Н. Кучеренко.*

Рациональное использование и инженерно-экологическая защита водной среды : электронное учеб. пособие / К.В. Беспалова, И.А. Лушкин, А.В. Селезнева, В.А. Селезнев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2021. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1036-9.

Пособие содержит полный теоретический материал для успешного освоения курса «Рациональное использование и инженерно-экологическая защита водной среды».

Предназначено для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» (магистерская программа «Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий»).

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

Редактор *О.И. Елисева*

Технический редактор *Н.П. Крюкова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Художественное оформление,

компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания
к использованию 27.09.2021.

Объем издания 32,7 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск,
первичная упаковка.

Заказ № 1-08-21.

Издательство Тольяттинского
государственного университета
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| Модуль 1. ВОДА И ЕЁ ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА | 8 |
| Тема 1.1. Природная вода | 8 |
| Тема 1.2. Строение молекул воды | 10 |
| Тема 1.3. Изотопный состав природной воды | 11 |
| Тема 1.4. Физика воды | 11 |
| Тема 1.5. Посторонние примеси в воде | 19 |
| Тема 1.6. Химия воды | 20 |
| Тема 1.7. Биология воды | 25 |
| Тема 1.8. Аномальные свойства воды | 33 |
| Выводы | 35 |
| Контрольные вопросы | 36 |
| Модуль 2. ГИДРОСФЕРА, ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ | 38 |
| Тема 2.1. Структура и функции гидросферы | 38 |
| Тема 2.2. Классификация водных ресурсов | 42 |
| Тема 2.3. Поверхностные водные объекты | 44 |
| Тема 2.4. Подземные воды | 64 |
| Тема 2.5. Особенности распределения водных ресурсов | 69 |
| Тема 2.6. Обеспеченность водными ресурсами | 72 |
| Тема 2.7. Самоочищение природных вод | 74 |
| Выводы | 76 |
| Контрольные вопросы | 76 |
| Модуль 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ | 78 |
| Тема 3.1. Современное состояние использования водных ресурсов | 79 |
| Тема 3.2. Виды и особенности использования водных ресурсов | 82 |
| Тема 3.3. Использование воды с изъятием из водного объекта | 84 |
| Тема 3.4. Использование воды без её изъятия из источника | 99 |
| Тема 3.5. Водные объекты как приемники сточных вод | 115 |
| Выводы | 122 |
| Контрольные вопросы | 122 |
| Модуль 4. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ И РЕЕСТР ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ | 124 |
| Тема 4.1. Мониторинг водных объектов | 124 |
| Тема 4.2. Основные физико-химические показатели качества водных ресурсов | 132 |

| | |
|---|------------|
| Тема 4.3. Оценка качества воды по химическим и биологическим показателям | 140 |
| Тема 4.4. Обеспечение достоверности информации | 144 |
| Тема 4.5. Водный кадастр и водный реестр | 150 |
| Выводы | 153 |
| Контрольные вопросы | 154 |
| Модуль 5. СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ | 156 |
| Тема 5.1. Изменение климата и его влияние на водные ресурсы | 158 |
| Тема 5.2. Антропогенная нагрузка на водные объекты | 163 |
| Тема 5.3. Антропогенные изменения водных ресурсов | 185 |
| Выводы | 203 |
| Контрольные вопросы | 204 |
| Модуль 6. ЗАЩИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ | 206 |
| Тема 6.1. Государственная политика в области защиты водных ресурсов | 206 |
| Тема 6.2. Инженерно-технические мероприятия | 212 |
| Тема 6.3. Экономические мероприятия по охране водных ресурсов | 222 |
| Тема 6.4. Организационно-хозяйственные мероприятия по охране водных ресурсов | 239 |
| Выводы | 247 |
| Контрольные вопросы | 247 |
| Модуль 7. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ | 249 |
| Тема 7.1. История создания органа управления | 249 |
| Тема 7.2. Цели, задачи и функции управления | 251 |
| Тема 7.3. Структура управления | 255 |
| Тема 7.4. Водное хозяйство и водохозяйственный комплекс (ВХК) | 259 |
| Тема 7.5. Водохозяйственное районирование | 264 |
| Выводы | 267 |
| Контрольные вопросы | 268 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 270 |
| ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ | 271 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 275 |
| ГЛОССАРИЙ | 289 |

ВВЕДЕНИЕ

Численность мирового населения быстро растёт. Согласно прогнозу Организации Объединенных Наций, население планеты к 2050 году существенно увеличится и составит 9,1 миллиарда человек. Наряду с ростом численности населения возрастает потребность в природных ресурсах, в том числе в воде.

Несмотря на большие запасы воды на планете, водные ресурсы, пригодные для использования, ограничены. В настоящее время практически во всем мире остро стоит проблема дефицита воды. Наряду с недостаточным количеством воды возникает проблема качества водных ресурсов. Дело в том, что антропогенная деятельность приводит к образованию твердых, жидких и газообразных отходов, которые оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду. Негативные тенденции деятельности человека прежде всего обусловлены нерациональным использованием воды и недостаточным вниманием к защите водных объектов и их водосборных территорий. В результате происходит истощение, загрязнение и даже деградация водных объектов, что затрудняет их использование для питьевого водоснабжения, рыбного хозяйства и рекреации.

В настоящее время интенсификация водопользования сопровождается увеличением антропогенной нагрузки на водные объекты и осуществляется без учета принципов природопользования, что угрожает экологическому состоянию водных объектов и всей гидросферы.

Уже сейчас очевидно, что основными факторами нерационального использования водных ресурсов являются:

- несовершенство водного законодательства и нормативной базы;
- применение устаревших водоемких производственных технологий;
- высокий уровень потерь воды при транспортировке;
- недостаточная оснащённость водозаборных сооружений системами учета;
- отсутствие эффективных экономических механизмов, стимулирующих бизнес к активному внедрению прогрессивных водосберегающих технологий производства, систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения и сокращению непроизводительных потерь воды.

Основная цель дисциплины «Рациональное использование и инженерно-экологическая защита водной среды» — это формирование у студентов стратегии устойчивого водопользования, когда экология и экономика неразрывно связаны. Необходимо понимание, что забота об охране окружающей среды не должна сдерживать экономическое развитие, а развитие не должно приводить к нарушению экологического равновесия.

В рамках дисциплины «Рациональное использование и инженерно-экологическая защита водной среды» обсуждаются современные экологические и водохозяйственные проблемы, а также пути их решения по следующим направлениям:

- разработка методов рационального использования водных ресурсов;
- совершенствование системы мониторинга водных объектов;
- достоверное определение антропогенной нагрузки на водные объекты и разработка системы нормирования сброса сточных вод;
- необходимость разработки методов расчета и нормирования диффузного загрязнения;
- разработка современных методов оценки и прогноза состояния водных ресурсов;
- учет и контроль использования водных ресурсов;
- обоснование и планирование мероприятий по управлению водными ресурсами и охране водных объектов.

Имеется тесная связь содержания глав данного пособия с учебным планом. Учебный материал разбит на 7 модулей, заканчивается контрольными вопросами. Каждый модуль является логически завершенной частью.

Учебное пособие разработано совместно с сотрудниками Самарского федерального исследовательского центра РАН, Института экологии Волжского бассейна РАН.

Модуль 1. ВОДА И ЕЁ ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Вода необходима для биологической жизни и является главным элементом неживой и живой материи. Площадь океанов и морей составляет 71 % поверхности Земли. В живой материи вода в среднем составляет 80 %. Вода – важнейший элемент жизни и деятельности человека.

Общий планетарный объем потребляемой воды, которая используется в домашнем хозяйстве, промышленности и сельском хозяйстве, значителен и составляет в настоящее время 250 м³ в год на душу населения. Совершенно очевидно, что потребность человечества в воде будет только увеличиваться. Поэтому возникает насущная необходимость рационально использовать воду и защищать водные объекты от негативного воздействия антропогенной нагрузки.

Вода – самое аномальное вещество природы, так как свойства воды во многом не соответствуют физическим законам, которым подчиняются другие вещества.

Тема 1.1. Природная вода

Химически чистая вода (H₂O) – это бесцветная, не имеющая запаха и вкуса жидкость. Однако до сих пор получить химически чистую воду не удалось. Например, в одном из опытов немецкий химик В.Ф. Кольрауш подвергал воду 42 циклам дистилляции подряд, причем вода находилась в сосуде, с которым ученый работал до этого опыта в течение 10 лет. Следовательно, можно было предположить, что из стенок сосуда в выпариваемую воду ничего не перейдет. Степень чистоты воды, полученной в опыте Кольрауша, определенная по электропроводимости, оказалась в 100 раз больше, чем у воды, прошедшей один цикл дистилляции. Дистиллированную воду нельзя назвать абсолютно чистой: в ней сразу же растворяются газы земной атмосферы и, вероятно, все-таки частицы стенок сосуда. В воде есть и «собственные» примеси: при обычной температуре из каждого миллиарда молекул воды образуется два иона – H⁺ и OH⁻. Ион H⁺ немедленно присоединяется к молекуле воды, образуя ион гидроксония H₃O⁺.

Вода в природе никогда не бывает чистой. Она обычно представляет собой раствор определённой суммы химических веществ и элементов. Кроме того, в природной воде могут содержаться различные виды водорослей, микроорганизмов и нерастворимые минеральные взвешенные вещества. Именно они обуславливают определенное качество воды с соответствующим вкусом, цветом и запахом. Вследствие этого цвет воды большинства рек, озёр, водохранилищ и морей в зависимости от состояния их поверхности и погодных условий может быть нежно-голубым, тёмно-синим, серо-стальным. В отдельных случаях встречаются воды с белесоватым, желтоватым и даже фиолетовым оттенками. Всё зависит от того, с какими горными породами вода имеет контакт при протекании по руслам рек и находясь в ложах озёр и водохранилищ. Значит, природная вода имеет цвет, более того — цвет не постоянный, а меняющийся во времени в зависимости от множества конкретных факторов. То же самое можно сказать и о вкусе природной воды. Различают воду по вкусу горькую, солоноватую, солёную, кислую, пресную и щелочную. Более того, воду отдельных источников, особенно ключей, считают не только вкусной, но и целебной, дарящей жизнь и силу всему живому. В зависимости от вида растворённых в воде веществ и газов вода может приобретать сероводородный, аммиачный и другие запахи. Таким образом, утверждение, что вода не имеет запаха, не всегда верно. Вкусовые качества и запахи природной воды определяются местными условиями формирования качества вод, а также периодами года, в зависимости от которых в воде источника находится различное количество живых или гниющих (после отмирания) водорослей.

Количество воды на земном шаре не уменьшается, однако её качество в большинстве регионов мира с каждым годом ухудшается. Можно утверждать, что в настоящее время в опасности находится и сама вода. Качество воды большинства водоёмов и водотоков неудовлетворительное и требует улучшения.

Тема 1.2. Строение молекул воды

Самая простая принятая сегодня модель молекулы воды — тетраэдр (рис. 1.1). В действительности одиночные молекулы воды при нормальной температуре и давлении не существуют. Есть несколько гипотез, описывающих строение и свойства ассоциатов воды (рис. 1.2). Однако единое понимание пока не достигнуто.

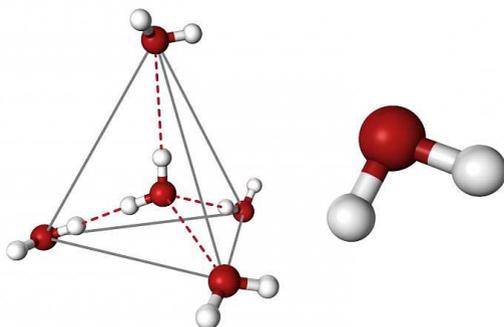


Рис. 1.1. Модель молекулы воды
(Источник: <https://sk.pinterest.com/pin/94927504625275343/>)

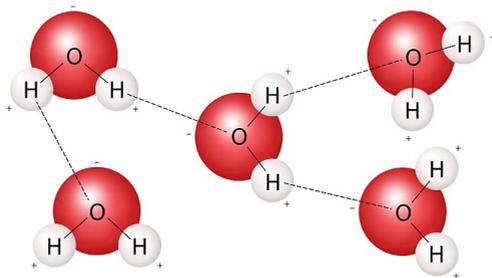
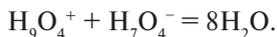


Рис. 1.2. Ассоциаты молекул воды
(Источник: <https://schoolbag.info/biology/living/living.files/image068.jpg>)

Существует и вполне обоснованное мнение о том, что в воде кроме ионов H^+ , H_3O^+ и OH^- (отвлекаясь от инородных примесей) содержатся и другие ионы: H_9O_4^+ и H_7O_4^- . По этой гипотезе в воде идет реакция



Не лишено основания предположение ряда ученых-физиков: из-за асимметричного расположения электрических зарядов в молекуле воды все молекулы связаны друг с другом — каждый из ионов водорода одной молекулы притягивает к себе электроны атомов кислорода в соседних молекулах. И можно сказать: все молекулы воды связаны в одну пространственную сетку, то есть океан — одна гигантская молекула. Но составные части этой макромолекулы находятся в постоянных изменениях в зависимости от внешних условий (температуры и др.).

Тема 1.3. Изотопный состав природной воды

Вследствие существования изотопов водорода и кислорода молекулярная масса воды может отличаться от 18. В природной воде найдены три изотопа водорода и три изотопа кислорода. Искусственно созданы два изотопа водорода и пять изотопов кислорода. Теоретически сегодня можно говорить о 135 различных изотопологах воды. Но только девять изотопов из них устойчивые.

Соотношение этих стабильных изотопологов в природной воде, процент молекул: ${}^1\text{H}_2{}^{16}\text{O}$ — 99,73 %; ${}^1\text{H}_2{}^{18}\text{O}$ — 0,20 %; ${}^1\text{H}_2{}^{17}\text{O}$ — 0,04 %; ${}^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ ~ 0,03 %. Другие изотопы присутствуют в ничтожном количестве.

Тема 1.4. Физика воды

Природная вода в естественных условиях может существовать в трех основных агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. Процессы перехода воды из одного агрегатного состояния в другое определяются следующим образом:

- кипение и парообразование — переход воды из жидкого состояния в пар;
- конденсация — процесс перехода пара в жидкое состояние воды;
- кристаллизация — переход воды из жидкого состояния в твердое (лед);
- плавление — превращение льда в жидкость;

- сублимация – переход воды из твердого (лед) сразу в парообразное состояние;
- десублимация – превращение пара сразу в лед, минуя жидкое состояние (например иней).

Граничные точки перехода воды в состояния «лед – вода» и «вода – пар» определили соответственно как 0 и 100 °С при условии атмосферного давления 760 мм рт. ст., или 101 325 Па.

Структура молекулы воды и разнообразие её соединений обуславливают удивительные аномальные физические свойства воды. Наиболее интересны следующие её физические свойства.

1.4.1. Плотность и объем воды

Наиболее важными свойствами воды, обеспечивающими функционирование водных объектов в различных погодных условиях, являются её объём и плотность, которые зависят от температуры, что свойственно всем другим веществам на Земле, при нагревании увеличивающим свой объём и уменьшающим плотность. У воды наблюдается то же самое, за исключением интервала от 0 до 4 °С, когда с возрастанием температуры объёмы воды не увеличиваются, а, наоборот, уменьшаются.

Наибольшая плотность воды при температуре +4 °С обеспечивает жизнь в воде зимой. Максимальная плотность жидкой воды, равная $1,0 \cdot 10^3$ кг/м³, достигается при температуре +4 °С. Плотность воды в твёрдом состоянии (льда) при нулевой температуре равна $0,9168 \cdot 10^3$ кг/м³. Таким образом, лёд легче жидкой воды и всегда будет плавать на её поверхности. Замерзание воды (превращение в твёрдое состояние – лёд) сопровождается внезапным увеличением её объёма примерно на 11 %. Так же внезапно, скачком, уменьшается объём воды при таянии льда. Увеличение объёма воды при замерзании имеет огромное значение как в природе, так и в технике. Возникающее в процессе замерзания воды избыточное давление приводит к откалыванию многотонных глыб горных пород, их дроблению на мелкие осколки, страшным взрывам наледей, разрыву заполненных водой водопроводных труб и стенок резервуаров, разрушению покрытий улиц, дорог и взлетно-посадочных полос. В то же время уникальная способность воды изменять свою плот-

ность в зависимости от температуры благоприятно сказывается на функционировании водных объектов в различные периоды года. В летний период, когда источник получает тепловую энергию в основном от тёплых воздушных масс и солнечной радиации, подогрев воды происходит сверху. Более теплые и менее плотные верхние слои поддерживаются вверху, как бы на плаву, и в холодное ночное время отдают тепло в атмосферу. Это выравнивает ночные и дневные температуры летнего периода и благотворно сказывается на развитии растительного мира в регионе, а также всех живых организмов водного объекта. На спокойных водоёмах устанавливается определённая стратификация (разделение по вертикали температур), а это важно знать для правильного выбора месторасположения водомерных устройств водозаборных сооружений.

В более холодные периоды года тепловой баланс источника меняется. С поверхности он уже не получает, а больше теряет тепло. В результате идёт охлаждение воды. То тепло, которое источник получает из своего ложа, недостаточно для компенсации этих потерь. Поэтому, пока температура воды превышает $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, термальные особенности источника продолжают оставаться прежними. Но как только верхние частицы воды охлаждаются до $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, в силу закона Архимеда они как более плотные опускаются на дно водоёма. На смену им всплывут на поверхность частицы воды с более высокой температурой. Этот процесс будет протекать до тех пор, пока вся вода в данном месте водного объекта не приобретёт температуру $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Находящиеся у поверхности частицы воды с температурой $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ будут продолжать охлаждаться. При этом их плотность начнёт уменьшаться. Значит, опуститься на дно они уже не смогут. Процесс охлаждения этих частиц будет продолжаться, пока их температура не достигнет $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на поверхности водоёма не образуется лёд. Но лёд — это утеплитель водоёма. После образования льда термальные процессы в водоёме меняются. С замерзанием водоёма и уменьшением тепловых потерь с его поверхности начинает определённым образом сказываться влияние потока тепла с ложа источника. Как правило, температура ложа выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а очень часто превышает и $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поэтому опустившиеся ранее вниз частицы (при температуре $4\text{ }^{\circ}\text{C}$) там начнут подогреваться. Плотность их уменьшается,

и, когда она станет меньше плотности воды при 0 °С (такую температуру имеют частицы, превращающиеся в лёд), произойдёт замена частиц верхних слоев на частицы нижних. Одновременно переносится определённое количество тепла от ложа водоёма к границе льда. Это сохраняет водный объект от промерзания и обеспечивает в нём жизнь рыб и других живых организмов в холодные периоды года.

У водоёмов с солёной водой вышеупомянутые процессы протекают немного иначе, поскольку солёная вода имеет другие температуры замерзания и максимальную плотность. Поэтому морская вода превращается в лёд, не достигая максимальной плотности. Вертикальные перемещения воды за счёт разной плотности отдельных её слоев существуют всегда, даже при температуре ниже 0 °С, т. е. до тех пор, пока она находится в жидком состоянии. Благодаря этому нижние слои морей и океанов постоянно обогащаются кислородом, а вытесняемые с нижней зоны массы, обогащенные питательными солями и биогенными веществами, создают в верхнем слое благоприятные условия для развития растений, микроорганизмов и морских животных. Создаются характерные для океанических вод области высокой продуктивности, богатые планктоном, рыбой и другими морскими животными.

Вследствие разницы плотности льда и воды в её жидком состоянии 8/9 массы айсберга находится под водой. Поэтому айсберги представляют опасность не только для подводных лодок, но и для судов (в ночное время, особенно в тумане). Примером может служить гибель суперлайнера «Титаник» в 1912 году. Попытки использования айсбергов для восполнения запасов пресной воды пока не принесли желаемых результатов. Так, транспортировавшийся англичанами из Арктики айсберг практически полностью растаял, не дойдя до западных границ Северного моря. Увеличение скорости транспортировки айсбергов ведет к значительному возрастанию сопротивления и интенсивности их таяния.

Аномальное свойство воды — увеличение объема на 10 % при замерзании обеспечивает плавание льда, то есть сохраняет жизнь подо льдом.

1.4.2. Удельная теплоемкость воды

Удельная теплоёмкость воды практически самая высокая из всех жидких и твёрдых тел. Она в 5–30 раз выше, чем у других веществ. Лишь водород и аммиак обладают большей, чем вода, теплоёмкостью. Наибольшую удельную теплоёмкость вода имеет при температуре 0 °С, а наименьшую – при +37 °С, что обеспечивает относительно постоянную температуру на земном шаре и создает благоприятные условия для жизни на нашей планете. Вода играет роль гигантского аккумулятора тепла, стабилизирующего температурный режим во времени и пространстве, сохраняет тепло, а в холодные периоды отдаёт его в атмосферу. Находясь в постоянном движении, вода переносит тепло из одних регионов Земли в другие. Это происходит в результате перемещения насыщенных водяными парами воздушных масс и влияния множества океанических течений. Например, климат Европы и особенно Гренландии в значительной степени формируется под влиянием теплого течения Гольфстрим. Известны и негативные последствия перемещения масс воды. К таким относится явление Эль-Ниньо, имеющее место у берегов Перу в Южной Америке. С непредсказуемой частотой (которая в последние годы возросла) в отдельные годы и периоды с севера проникают теплые воды, которые накрывают, как крышкой, глубинные холодные воды, богатые биогенными веществами. Резко падает продуктивность фитопланктона, гибнет великое множество рыбы. Птицы, предчувствуя катастрофу, заранее покидают насиженные места.

Крайне интересным является факт совпадения температуры тела человека и большинства млекопитающих с температурой минимальной удельной теплоёмкости воды. Очевидно, природа позаботилась о том, чтобы эти существа, состоящие на 85 % из воды, жили и развивались в условиях минимума энергетических затрат. Значительная удельная теплоёмкость воды обусловила широкое её применение в различных теплотехнических установках и процессах. В частности, вода используется в современных тепловых и атомных электростанциях при преобразовании тепловой энергии топлива в электрическую. Также вода используется для охлаждения в энергетических и других промышленных установках, как теплоноситель

в системах отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных помещений.

Удельная теплопроводность льда при нулевой температуре в 3,9 раза меньше, чем жидкой воды. Это предопределяет защиту водных источников в зимний период, когда они покрываются льдом и как бы самоутепляются сверху ледяным одеялом.

Большая удельная теплоемкость – 4,1855 Дж/(г · °С) при 15 °С – способствует регулированию температуры на Земле из-за медленного нагревания и остывания масс воды. У ртути, к примеру, удельная теплоемкость при 20 °С – только 0,1394 Дж/(г · °С).

Вообще теплоемкость воды более чем вдвое превышает теплоемкость любого другого химического соединения. Этим можно объяснить выбор воды в качестве рабочего тела в энергетике.

1.4.3. Замерзание и кипение воды

Пресная вода замерзает при температуре 0 °С, а солёная – при более низких температурах, как правило, при минус 1,9–2,0 °С. Это свойство воды используется для её обессоливания методом вымораживания: при охлаждении воды ниже 0 °С сначала выделяются кристаллы пресной воды, которые всплывают в более плотном растворе, а при дальнейшем понижении температуры до –2 °С происходит замерзание солёной воды и автоматическое разделение кристаллов пресной и солёной воды (для получения пресной воды достаточно собрать и растворить верхний слой этих кристаллов). Замерзание воды при вышеупомянутых температурах имеет место только при абсолютном давлении, равном 1 атм.

Температура кипения воды зависит от давления. В условиях обычного атмосферного давления вода начинает кипеть при 100 °С. Однако при снижении атмосферного давления вода начинает кипеть при более низких температурах. Например, она может кипеть при температуре 10 или 20 °С, если давление на её поверхность снизить соответственно до 0,012 и 0,023 атм. Так называемое «холодное» кипение воды учитывается при выборе высоты расположения оси насосов относительно уровня воды в используемых водоисточниках. Если эту задачу решать без учета данного явления, то насос будет не в состоянии нормально работать и подавать воду потребителям.

1.4.4. Теплота плавления и парообразования воды

Вода обладает большой скрытой теплотой плавления и парообразования. Для того чтобы при нормальном атмосферном давлении и нулевой температуре расплавить 1 кг льда, требуется затратить $333,7 \cdot 10^3$ Дж тепловой энергии.

На испарение 1 кг воды в обычных условиях расходуется $2254 \cdot 10^3$ Дж тепловой энергии. Это в 2 раза выше, чем для любого другого вещества.

Испаряемость воды в 7 раз больше, чем испаряемость льда. В процессе испарения воды температура окружающей среды понижается, что также способствует выживанию организмов в условиях высоких температур (к примеру, вследствие этого процесса человек комфортно чувствует себя в сауне при температуре более 100°C) и позволяет сохранить водные источники даже в самые неблагоприятные периоды времени. В холодные зимние периоды все поверхностные водные источники покрываются льдом. Это уменьшает испарение с их водной поверхности и снижает теплопотери, тем самым источник как бы надевает на себя шубу и защищается от перемерзания. В крайне жаркие периоды года вода из поверхностных источников испаряется более интенсивно. Большие затраты энергии на её испарение снижают температуру окружающей среды. Одновременно в атмосфере возрастает количество водяных паров и снижается дефицит влажности, тем самым уменьшается испарение с водной поверхности. Благодаря отмеченным особенностям водный объект в определённой степени сам себя защищает от перемерзания и пересыхания. В нём сохраняется жизнь и обеспечиваются условия для жизнедеятельности водных организмов.

Большая теплота плавления и испарения воды оказывает существенное влияние на гидрологический режим поверхностных водных объектов, выравнивая их водоёмкость в отдельные периоды года. Именно благодаря этому накопившиеся за зиму на водосборах снег и лёд с наступлением весеннего потепления тают относительно медленно, а расходы воды и паводки на реках наращиваются и протекают не столь бурно, как это могло бы быть в противном случае. Естественно, если бы теплота плавления льда и снега была намного меньшей, то все эти процессы протекали бы значительно интенсив-

ней и сопровождались бы большими затоплениями и более значительными разрушениями.

Вышеперечисленные свойства характерны для обычной воды. Однако в принципе повсеместно распространена (но в весьма малых количествах) так называемая «тяжелая» вода. Её отличие от обычной воды состоит лишь в том, что атомы водорода замещены его изотопом — дейтерием. Эта вода может быть получена в концентрированном виде путём обогащения обычных вод или лабораторным путём. Свойства «тяжёлой» воды значительно отличаются от свойств воды обычной. В частности, «тяжёлая» вода замерзает, а её лёд плавится при температуре 3,82 °С. У «тяжёлой» воды максимальная плотность достигается при температуре 11,23 °С. Температура кипения «тяжёлой» воды при атмосферном давлении составляет 101,43 °С.

«Тяжёлая» вода используется в атомных реакторах энергоустановок как делитель нейтронов, а также в термоядерных установках как «сырьё» для получения дейтерия и трития.

«Тяжёлая» вода упоминается в сказках и преданиях под названием «мёртвой» воды, альтернативой которой является вода «живая», содержащая минимум дейтерия и максимум протия. К такой воде, по мнению ряда специалистов, относится и талая вода. Эта гипотеза косвенно подтверждается тем, что на практике полив растений свежей талой водой заметно повышает урожай. Талая вода приходит в норму (соответствует обычной) только через несколько суток.

1.4.5. Поверхностное натяжение воды

Еще одно чрезвычайно важное свойство воды — исключительно большое поверхностное натяжение. Молекулы на поверхности воды испытывают действие межмолекулярного притяжения. Так как у воды силы межмолекулярного взаимодействия аномально велики, то каждая «плавающая» на поверхности воды молекула как бы втягивается внутрь слоя воды. У воды поверхностное натяжение равно 72 мН/м при 25 °С. В частности, этим свойством объясняется шаровая форма воды в условиях невесомости, поднятие воды в почве и в капиллярных сосудах растений и т. д. Для сравнения: у этилового спирта при этой же температуре поверхностное натяжение в 3,5 раза меньше.

Для лучшего понимания поверхностного натяжения воды приведем несколько его проявлений в реальной жизни:

- когда мы видим, как вода с кончика крана капает, а не льётся;
- когда капля дождя в полете принимает округлую, слегка вытянутую форму;
- когда вода на водонепроницаемой поверхности принимает шарообразную форму;
- рябь, возникающая при дуновении ветра на поверхности водоемов;
- вода в условиях невесомости принимает шарообразную форму;
- насекомое водомерка держится на поверхности воды;
- если на поверхность воды аккуратно положить иглу, она будет плавать;
- если в стакан поочерёдно налить жидкости разной плотности и цвета, мы увидим, что они не смешиваются;
- радужные мыльные пузыри также являются прекрасным примером поверхностного натяжения.

Вследствие поверхностного натяжения жидкость всегда принимает форму с минимальной поверхностью. Если на жидкость не действуют другие силы или их действие мало, жидкость будет стремиться принимать форму сферы, как, например, капля воды, мыльный пузырь.

Тема 1.5. Посторонние примеси в воде

Природная вода никогда не бывает чистой. В ней содержатся посторонние примеси двух видов: взвешенные вещества и растворимые вещества.

Взвешенными называют минеральные и органические вещества, находящиеся во взвешенном состоянии из-за турбулентности воды или их удельного веса, который очень близок по значению к удельному весу воды, и не взаимодействующие с водой. Размеры взвешенных частиц изменяются от 1 см до 10 нм.

Среди них есть коллоидные вещества, которые состоят из тонкодисперсных твердых веществ (0,01–5 мкм), характеризующихся очень большой удельной поверхностью (измеряемой в квадратных сантиметрах на грамм) и электростатическим зарядом (в природ-

ной воде, как правило, отрицательным), который накапливается на межфазовой границе «твердое тело – жидкость».

Взвешенные вещества обычно бывают твердыми, но могут быть жидкими, не поддающимися смешиванию с водой (например, частицы масла во взвешенном состоянии в воде и др.). Такая дисперсная система называется эмульсией. Если эмульгаторы расположены на межфазовой границе «вода – несмешивающаяся жидкость» и препятствуют слиянию капелек, делая эмульсию очень устойчивой (например, «растворимые масла»), говорят о химической эмульсии.

К *растворимым* веществам относятся минеральные (ионизированные более или менее) или органические соединения, макромолекулярные или микромолекулярные, а также газы, которые часто бывают растворимыми в воде (например, углекислый газ, сернистый ангидрид, аммиак и др.).

Тема 1.6. Химия воды

Энтальпия образования молекулы воды высока и составляет 242 кДж/моль. Поэтому вода обладает большой устойчивостью. Благодаря устойчивости и электрическим свойствам вода обладает сильной полярностью (1,84 Д) и высокой абсолютной диэлектрической проницаемостью (78,5 Ф/м), что делает её особенно пригодной для растворения различных веществ. Большая часть минеральных веществ, а также большое количество газов и органических веществ могут растворяться в воде.

1.6.1. Вода как растворитель

Вода является самым распространенным растворителем на нашей планете. Растворить вещество – значит преодолеть силы сцепления:

- межатомные (сильные химические связи): ковалентные связи (между атомами) или ионные (между ионами);
- межмолекулярные: связи (сцепления) между молекулами (водородная связь) и силы притяжения (связь Ван-дер-Ваальса).

Силы сцепления могут быть электростатического или кулоновского происхождения.

Растворяющая способность воды обусловлена биполярностью её молекул. В процессе растворения происходит частичный или полный разрыв различных связей между атомами (диссоциация) и молекулами (ионизация) растворяемого вещества и образование новых связей с молекулами воды (гидратация). Полное растворение приводит к образованию растворов.

Растворимость газов. Растворимость газов подчиняется закону Генри. Сильно поляризованные молекулы (CO_2 , H_2S) имеют гораздо большую растворимость в воде, чем молекулы других газов (табл. 1.1). Кислород лучше растворяется в воде, чем азот, поэтому смесь газов, выделенных из воды, более богата кислородом, чем атмосфера, с которой вода находится в состоянии равновесия.

Таблица 1.1

Растворимость газов под давлением чистого газа в 1 бар

| Газ | Растворимость при 10 °С, мг/дм ³ |
|--------------------------------------|---|
| Азот (N_2) | 23,2 |
| Кислород (O_2) | 54,3 |
| Углекислый газ (CO_2) | 2318 |
| Сероводород (H_2S) | 5112 |
| Метан (CH_4) | 32,5 |
| Водород (H_2) | 1,6 |

Растворимость жидкостей. Природа процесса растворения сложна. Естественно, возникает вопрос, почему некоторые вещества легко растворяются в одних растворителях и плохо растворимы или практически нерастворимы в других.

Образование растворов всегда связано с теми или иными физическими процессами. Одним из таких процессов является диффузия растворенного вещества и растворителя. Благодаря диффузии, частицы (молекулы, ионы) удаляются с поверхности растворяющегося вещества и равномерно распределяются по всему объему растворителя. Именно поэтому в отсутствие перемешивания скорость растворения зависит от скорости диффузии. Однако нельзя лишь

физическими процессами объяснить неодинаковую растворимость веществ в различных растворителях.

Поскольку молекула воды обладает полярностью, то растворимость какой-либо жидкости в воде зависит от полярности молекул этой жидкости. Например, органические и неорганические вещества, которые содержат функциональные группы OH^- (спирты, сахара), SH^- , NH_2^- , очень поляризованы и поэтому хорошо растворимы в воде. Вследствие высокой полярности вода вызывает гидролиз веществ. А другие неполяризованные жидкости (углеводороды, четыреххлористый углерод, масла, жиры и др.) являются слабо растворимыми.

Растворимость твердых веществ. Вода представляет собой уникальное вещество, способное растворять минеральные соли. Растворимость солей зависит от температуры воды. В табл. 1.2 приведена растворимость различных солей при температуре 10°C .

Таблица 1.2

Растворимость минеральных солей при температуре 10°C

| Соли | Растворимость, г на 100 г раствора |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| KCl | 57,60 |
| FeCl_3 | 44,90 |
| CaCl_2 | 39,19 |
| NaOH | 39,00 |
| NaCl | 26,32 |
| MgSO_4 | 21,70 |
| FeSO_4 | 17,00 |
| CuSO_4 | 14,40 |
| $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ | 7,12 |

Растворение ионных или полярных соединений происходит путем связывания молекул воды: со стороны атомов кислорода — с катионами, со стороны атомов водорода — с анионами. Растворимость повышается с увеличением поляризации иона (например,

от магния к кальцию, от карбонат-иона к хлор-иону), которая определяется отношением его заряда к квадрату его радиуса.

1.6.2. Процесс ионизации

Вода является слабым электролитом и в незначительной степени диссоциирует на ионы по реакции



В чистой воде, не содержащей даже растворенных газов, концентрации ионов H^+ и ионов OH^- равны (раствор нейтрален). Тогда

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

В других случаях эти концентрации не совпадают: в кислых растворах преобладают ионы H^+ , в щелочных – ионы OH^- . Но их произведение в любых водных растворах постоянно. Поэтому если увеличить концентрацию одного из этих ионов, то концентрация другого иона уменьшится во столько же раз.

Так, в слабом растворе кислоты, в котором $[\text{H}^+] = 10^{-5}$ моль/л, а $[\text{OH}^-] = 10^{-9}$ моль/л, их произведение по-прежнему равно 10^{-14} .

На практике оперировать такими числами неудобно. Поэтому принято для концентрации ионов водорода в растворе указывать показатель степени 10, взятый с обратным знаком. Этот показатель степени получил название водородного показателя, сокращенно рН. Таким образом, по определению, $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$.

При комнатной температуре в нейтральных растворах $\text{pH} = 7$, в кислых растворах $\text{pH} < 7$, а в щелочных $\text{pH} > 7$. Значение рН водного раствора можно определить с помощью индикаторов.

1.6.3. Окислительно-восстановительный процесс

Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) является мерой химической активности элементов или их соединений в обратимых химических процессах, связанных с изменением заряда ионов в растворах. Иногда ОВП называют редокс-потенциалом (RedOx – англ. Reduction/Oxidation, ORP). Он характеризует степень активности электронов в окислительно-восстановительных реакциях (ОВР), т. е. реакциях, связанных с присоединением или передачей электронов.

Значение окислительно-восстановительного потенциала для каждой ОВР вычисляется по формуле Нернста с учетом рН-показателя, выражается в милливольтгах и может быть как положительным, так и отрицательным. Его положительные значения означают протекание процесса окисления и отсутствие электронов. Отрицательные значения ОВП свидетельствуют о протекании процесса восстановления и наличии электронов.

В природной воде значение ОВП обычно находится в диапазоне от -400 до $+700$ мВ, что определяется совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов. В условиях равновесия значение окислительно-восстановительного потенциала определенным образом характеризует водную среду, и его величина позволяет делать некоторые общие выводы о химическом составе воды.

В зависимости от значения ОВП различают несколько основных ситуаций, встречающихся в природных водах:

1) *окислительная*. Характеризуется значениями ОВП, превышающими показатели $+(100-150)$ мВ, присутствием в воде свободного кислорода, а также целого ряда элементов в высшей форме своей валентности (Fe^{3+} , Mo^{6+} , As^{5+} , V^{5+} , U^{6+} , Sr^{4+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}). Такая ситуация наиболее часто встречается в поверхностных водах;

2) *переходная окислительно-восстановительная*. Определяется величинами ОВП от 0 до $+100$ мВ, неустойчивым геохимическим режимом и переменным содержанием сероводорода и кислорода. В этих условиях протекает как слабое окисление, так и слабое восстановление целого ряда металлов;

3) *восстановительная*. Характеризуется отрицательными значениями ОВП. Такая ситуация типична для подземных вод, где присутствуют металлы низких степеней валентности (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Mo^{4+} , V^{4+} , U^{4+}), а также сероводород.

Тема 1.7. Биология воды

Вода — важнейшее неорганическое соединение, без которого невозможна жизнь на планете Земля. Все живое на Земле, как правило, содержит воду. Например, тело человека в среднем на 82 % состоит из воды, а мозг — на 85 %. Вода является важнейшей частью живого вещества и играет большую роль как внешний фактор для всех живых существ.

1.7.1. Вода и клеточный метаболизм

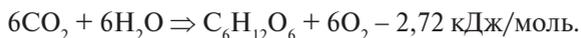
Метаболизм живых организмов включает всю совокупность биохимических реакций, которыми сопровождается их жизнедеятельность, начиная с питания и дыхания и заканчивая выделением. Метаболизм имеет два пути: анаболизм и катаболизм, которые связаны между собой. К анаболизму относят биохимические реакции синтеза биологических веществ, составляющих тело данного организма. В большинстве своем это эндотермические реакции, с помощью которых организм запасает химическую энергию. К катаболизму относят биохимические реакции, в которых организм расходует химическую энергию, запасенную в питательных веществах, на собственные энергетические нужды. Это экзотермические реакции, в ходе которых выделяющаяся энергия расходуется, например, на движение, но в основном на процессы синтеза биологических веществ. Многие биохимические реакции анаболизма и катаболизма поэтому называют сопряженными: энергия одних затрачивается на протекание других.

Живые организмы являются либо одноклеточными, либо многоклеточными (за исключением вирусов, вирусы — внеклеточные формы жизни). Активная жизнедеятельность клеток связана с поглощением из окружающей среды веществ, которые называют основными метаболитами. Некоторые клетки способны синтезировать основные метаболиты из минеральных компонентов. Они в биохимических реакциях синтеза превращают воду, диоксид углерода и минеральные соли в биологические вещества, молекулярная структура которых весьма сложна.

Автотрофные организмы получают необходимую энергию из внешней среды. Это либо энергия света, либо химическая энергия, выделяемая в реакциях окисления или восстановления неорганических соединений. Часть этой энергии они могут запасать в виде химической энергии различных соединений: макроэргических соединений и запасных веществ, которые используются в нужное время.

Гетеротрофные организмы не способны синтезировать вещества, требующиеся для их роста, из неорганических веществ. Им нужны готовые органические вещества, которые расщепляются на простые вещества и затем используются в биохимических реакциях анаболизма и катаболизма. Выделяемая в биохимических реакциях окисления органических веществ энергия используется клетками гетеротрофных организмов для роста, передвижения, размножения.

Энергия света при фотосинтезе или энергия биохимических реакций окисления поглощается, а затем запасается благодаря наличию системы ферментативных процессов. Примером фотосинтеза служит синтез глюкозы (углеводов) растениями из углекислого газа атмосферы и воды с помощью солнечной энергии и в присутствии хлорофилла. Фотосинтез может быть описан уравнением



Затем в результате сложных биохимических процессов образуется глюкоза (фруктоза), являющаяся исходным материалом для синтеза других углеводов. Этот биологический процесс — один из самых важных в природе.

Окисление минеральных веществ. Существуют автотрофные организмы, которые не используют солнечную энергию. Это хемоавтотрофы, им не нужны пигменты, которые необходимы фотоавтотрофам, поскольку они получают энергию при окислении минеральных веществ. Источником углерода для них является углекислый газ (CO_2). Диоксид углерода восстанавливается при этом молекулярным водородом или водородом, входящим в состав сероводорода (H_2S) или другого неорганического вещества. Бактерии, использующие для образования органического вещества энергию экзотермических реакций окисления неорганических соединений, еще называют хемосинтетиками.

Катаболизм, или процесс внутриклеточного разрушения питательных веществ, включает образование воды или участие молекул воды в окислении органических веществ и восстановительные реакции, обеспечивающие использование химической энергии, содержащейся во всех питательных веществах.

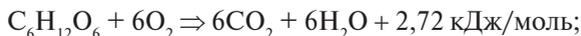
Различают анаэробный и аэробный типы расщепления, которые фактически являются реакцией дегидрогенизации, протекающей внутри гетеротрофных клеток. Если водород соединяется с молекулярным кислородом, процесс называют аэробным. Если же процесс включает перенос водорода от дегидрируемого соединения к другому акцептору водорода (не к молекулярному кислороду), то его называют анаэробным. Бактерии разделяют на строго аэробные, строго анаэробные, или облигатные, и нестрогие, или факультативные, аэробы и анаэробы.

Биохимические реакции (аэробного или анаэробного типов) разложения и синтеза органических веществ обеспечиваются участием ферментов (энзимов) организмов. Ферменты, как правило, представляют собой сложные белки с точной пространственной ориентацией определенных функциональных групп. На этих группах фиксируются определенные органические молекулы. Органические вещества, участвующие в биохимических реакциях, еще называют субстратами.

Различают внеклеточные и внутриклеточные ферменты. Внеклеточные ферменты расщепляют сложные вещества во внешней среде, чтобы обеспечить проникновение продуктов этих реакций в клетку. Внутриклеточные ферменты участвуют в процессе ассимиляции и таким образом являются основой процессов жизнедеятельности, ведущих к размножению клеток. Ферменты, или энзимы, — биологические катализаторы, которые во время процесса биологического окисления трансформируются и затем регенерируются.

Важнейшие свойства ферментов обусловлены их структурой. В зависимости от того, в каких условиях идет процесс биологического окисления — аэробных или анаэробных, образуются различные конечные продукты распада. Например, при окислении глюкозы:

– в аэробных условиях



– в анаэробных условиях



Выход энергии в анаэробных условиях составляет всего 5,3 % от количества энергии, высвобождаемой в аэробных условиях. Поскольку количество энергии, необходимое для репродуцирования новых клеток, приблизительно одинаково в обоих случаях, в аэробных условиях процесс получения энергии более экономичен, чем в анаэробных. Другими словами, клеточное деление более интенсивно в первом случае, и процессы разрушения веществ до конечного состояния в аэробных условиях проходят быстрее.

1.7.2. Вода – среда обитания микроорганизмов

Вода является естественной средой обитания многих микроорганизмов. Обычная нормальная микрофлора воды – это сапрофиты, представленные псевдомонасами, микрококками, серо- и железобактериями, мицелиальными и дрожжеподобными грибами, микроскопическими водорослями (рис. 1.3), простейшими, зоопланктоном и зообентосом, фагами, актиномицетами и другими микроорганизмами.

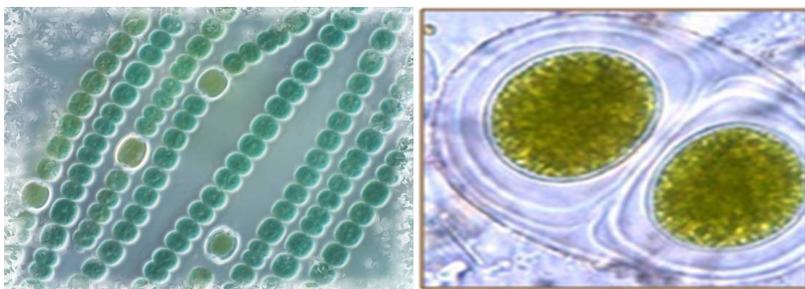


Рис. 1.3. Микроскопические водоросли в воде

Важная роль микроорганизмов в процессах биологической продуктивности водоемов определяется тем, что микроорганизмы разлагают мертвое органическое вещество, превращая продукты его

распада в пригодные для питания водной растительности. Кроме того, сами микроорганизмы служат пищей для водных животных.

Микробное население воды отражает состав микрофлоры почвы, с которой вода имеет непосредственный контакт. Микроорганизмы, обитающие в воде, являются распространенными обитателями почвы. В воду микробы попадают не только из почвы, но и вместе с выделениями человека, животных, бытовыми отбросами, сточными водами и пр.

Во всех водах — пресных и соленых — так же, как и на суше, встречаются представители разных физиологических групп микроорганизмов, которые принимают участие в круговороте азота, углерода, фосфора, железа, марганца, калия и других элементов.

Помимо этих микроорганизмов в воду могут попадать, сохраняться в ней и даже размножаться возбудители инфекционных болезней. Воды открытых водоемов загрязняются патогенными микробами в результате попадания в них неочищенных сточных вод инфекционных и ветеринарных лечебниц, канализационных вод. В воде размножаются возбудители холеры и длительное время могут сохраняться возбудители дизентерии, брюшного тифа, энтеровирусы, лептоспиры и др.

Интенсивность обсеменения воды микроорганизмами и состав микрофлоры зависят от многих факторов: от гидрохимических показателей, сезона года, уровня эвтрофности водоема, температуры воды, от степени загрязнения водоема сточными, хозяйственными и промышленными водами, от степени загрязнения органическими и неорганическими химическими соединениями и пр.

Вблизи населенных мест количество микроорганизмов в воде особенно велико и видовой состав микробов более разнообразен.

На количественный и качественный состав микрофлоры открытых водоемов деятельность человека оказывает большое влияние. Реки и другие открытые водоемы, расположенные в черте любого населенного пункта, подвергаются систематическому загрязнению стоками хозяйственных вод и фекальных нечистот.

Микроорганизмы являются индикаторами гидрологических явлений в морях, океанах, пресных и других водоемах.

Вода морей и океанов тоже богата микроорганизмами, но там их значительно меньше, чем в пресноводных открытых водоемах.

В поверхностном слое ила, в грунте и толще воды морей и океанов обнаружены аэробы и анаэробы, аммонифицирующие и денитрифицирующие, разлагающие мочевины и клетчатку, сбраживающие декстрозу и ксилозу, фиксаторы свободного азота и многие другие виды микроорганизмов. Относятся эти многие виды к родам *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Bacterium*, *Serratia*, *Sarcina*, *Actinomyces*, *Microsporina*, *Spirillum*, *Chromatium* и др. Встречаются они на разных глубинах, в аэробных, анаэробных, сероводородных зонах.

Морская или океаническая вода – специфическая среда обитания микроорганизмов. Характерный солевой состав, низкая температура, высокое давление, малые концентрации органических веществ, разреженность флоры и фауны составляют главные экологические особенности открытых областей морей и океанов, влияющие на жизнедеятельность микроорганизмов.

Благодаря своей высокой и разносторонней ферментной активности микроорганизмы, распространенные в водной толще и густо заселяющие поверхность дна, выступают как биокатализаторы реакций, составляющих основные звенья круговорота веществ. Им принадлежит особая роль в превращении и образовании органической материи. Разрушая мертвое органическое вещество и регенерируя из него необходимые для растительности неорганические соединения, они обеспечивают тем самым воспроизводство жизни растительных организмов.

подавляющее большинство микроорганизмов, обитающих в морях и океанах, обладают значительной биохимической активностью. Благодаря активности ферментов микробов происходит превращение многих углеводистых веществ. Многие микроорганизмы используют связанный кислород нитратов, усваивают газообразные формы азота. Многие из них, и прежде всего неспорозные палочки, являются денитрификаторами. Среди них есть и такие, которые вызывают разрушение хитиновых покровов водных обитателей. При разрушении хитина образуются минеральные продукты. Наличие в водных глубинах бактерий, разрушающих органические веще-

ства, в том числе и хитин, до простых соединений, обуславливает возможность освобождающемуся азоту и углероду вновь вступать в цикл круговорота веществ.

Под влиянием жизнедеятельности десульфурлирующих бактерий сульфаты морской воды превращаются в сероводород. Тионовые бактерии, обуславливая окисление сероводорода и других соединений серы, влияют на содержание сероводорода в морской воде придонных слоев. Тионовые бактерии обнаруживаются в шельфовой части открытых морей, во внутриконтинентальных морях, на дне Северного Ледовитого океана.

Основная масса микробного населения морей и океанов сосредоточена в прибрежных зонах, где располагаются населенные пункты, а также в районах регулярного присутствия морских судов.

В воде постоянно происходят процессы самоочищения — микроорганизмы погибают от действия солнечных лучей и химических веществ, действия метаболитов, вырабатываемых различными видами бактерий, грибов, водорослей. Но эти процессы нарушаются при увеличении степени загрязнения водоемов. На активность течения микробиологических процессов и скорость самоочищения водоемов оказывает влияние видовой состав рыб, их количество, а также степень заиления дна водоема.

Наименее обсеменены микроорганизмами почвенные воды, выпадающие на поверхность через артезианские скважины и родники.

1.7.3. Питательные вещества

Элементы минерального питания оказывают влияние на всю жизнедеятельность гидрофитов. Изменение их количества отражается на интенсивности фотосинтеза и на составе образующихся в этом процессе продуктов. Для синтеза протоплазмы живым организмам необходимо около 40 элементов, из которых самыми важными являются углерод, азот, фосфор, кремний, железо, марганец и некоторые микроэлементы.

Биогены, содержащиеся в воде, не только исчерпываются растениями, но и непрерывно возобновляются (регенерируют) в результате отмирания гидробионтов и их разложения, так что химическая база фотосинтеза непрерывно восстанавливается.

Углерод. В качестве углеродного минерального питания растения способны использовать различные соединения. Некоторые водоросли могут утилизировать углерод бикарбонатов. У некоторых интенсивность фотосинтеза зависит только от присутствия свободных молекул углекислого газа. Для пресноводных сине-зеленых водорослей, например, установлено преимущественное потребление углерода в форме бикарбонатов. В наилучшей степени обеспечивает ход фотосинтеза присутствие в воде свободной углекислоты, диффундирующей из атмосферы или выделяющейся из бикарбонатов. Чем интенсивнее растения потребляют углекислоту, тем большее количество ее поступает в воду. Поскольку при ее поглощении растения повышают рН воды, происходит переход бикарбонатов в монокарбонаты с высвобождением молекул CO_2 . Пока в воде достаточно бикарбонатов, фотосинтез не прекращается благодаря источникам углеродного питания.

Фосфор. Фосфор относится к числу наиболее важных биогенных элементов. Фосфор присутствует в клеточном материале. Фосфатные группы являются основными структурными элементами нуклеиновых кислот, фосфолипидов и АТФ, участвующих в энергетических и анаболических процессах. Фосфор ассимилируется из среды обитания в процессах фотосинтеза, хемосинтеза и разложения органических остатков. В природных водах он содержится в виде минеральных и органических соединений. Запасы фосфора в водоемах пополняются за счет выщелачивания почвенных и горных пород и биохимического распада водной и наземной растительности.

Содержание общего фосфора варьирует от десятых до нескольких сотых миллиграмма в литре воды. При отсутствии фосфора водоросли не фотосинтезируют и вскоре отмирают. При избытке фосфора водоросли могут накапливать его в своих клетках и некоторое время функционировать в среде, лишенной фосфора. Наиболее легко усваиваемая фитопланктоном форма фосфора — ортофосфат (H_2PO_4^- при рН 3–7, HPO_4^- при рН 8–12). Различные формы фосфора находятся в непрерывном взаимодействии, что создает трудности при изучении динамики биогенных элементов.

Азот необходим для жизни, так как он входит в структурный состав белков и аминокислот. В водоемах он существует в нескольких формах, имеющих динамическую взаимозависимость, которую можно описать в виде круговорота азота. Минеральные соединения азота присутствуют в воде в трёх формах: аммонийной, нитритной и нитратной. В воде преобладают нитратные формы, нитриты присутствуют в меньшем количестве, чем нитраты. Различные виды водорослей нуждаются в разной концентрации солей азота. Например, сине-зеленая водоросль *Anabaena* усваивает в первую очередь аммиачный азот, некоторые другие преимущественно используют нитраты. Очень требовательны к азоту сине-зеленые водоросли и некоторые зеленые (хлорококковые). Избыток солей азота приводит к угнетению развития водорослей, особенно при высоких концентрациях аммиачного азота.

Тема 1.8. Аномальные свойства воды

Многие физические и химические свойства воды выпадают из общих правил и закономерностей и являются аномальными, например:

- показатель молекулярной массы равен 18,0160;
- уровень плотности — 1 г/см^3 ;
- вода является уникальным растворителем: она окисляет практически все известные виды металла и способна разрушить любую твёрдую горную породу;
- сферическая капля воды отличается наименьшей (оптимальной) поверхностью объёма;
- коэффициент поверхностного натяжения равен $72,75 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$;
- вода превосходит большинство веществ по степени удельной теплоёмкости;
- вода способна поглощать огромное количество тепла и при этом сама очень мало нагревается;
- вода отличается и полимеризационными способностями. В таком случае свойства её становятся несколько иными, например, кипение полимеризованной воды происходит при более высоких температурах (примерно в 6–7 раз выше, чем обычной).

Уникальное свойство воды — возможность быть в природных условиях в трех разных базовых агрегатных состояниях — обеспечивает нашей планете жизненно важный процесс — гидрологический цикл, или круговорот воды в природе, который состоит, если кратко, из осадков, испарения и конденсации. Круговорот воды в природе обеспечивает ее присутствие практически во всех уголках нашей планеты, а вода, как известно, источник жизни.

В отличие от других веществ с увеличением давления температура замерзания воды понижается примерно на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ на каждые 130 атм (например, при давлении 2200 атм замерзание воды наступает при температуре $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$). Подобная аномалия очень важна в природе, поскольку практически исключает возможность замерзания воды на больших глубинах океана.

Вода, находящаяся в мелких волосяных капиллярах растений, не замерзает даже при температуре $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это исключает промерзание стволов и веток деревьев в зимний период и обеспечивает подачу в них необходимого количества влаги, т. е. обеспечивает жизнестойкость растительного мира на нашей планете.

Вода обладает и другими уникальными свойствами, которые в меньшей степени влияют на водные ресурсы и их использование в различных отраслях экономики. К таким уникальным и загадочным свойствам относится значительное соответствие химического состава морской воды и человеческой крови. Не случайно в годы Второй мировой войны хирурги, оказавшись без донорской крови, успешно использовали вместо неё разбавленную морскую воду (так называемый раствор Квинто́на).

Вследствие своих аномальных свойств вода — уникальный создатель, прекрасно приспособленный для жизнедеятельности. Так как вода составляет основную часть внутренней среды организма, то она обеспечивает процессы всасывания, передвижения питательных веществ и продуктов обмена в организме.

Необходимо отметить, что вода является конечным продуктом биологического окисления веществ, в частности глюкозы. Образование воды в результате этих процессов сопровождается выделением большого количества энергии (приблизительно 29 кДж/моль).

Благодаря способности воды находиться в природных естественных условиях в трех разных агрегатных состояниях и существует жизнь на нашей планете.

Для воды характерно наличие ассоциатов групп молекул, соединенных водородными связями.

Возможно, вода имеет много и других «аномалий», исследование которых принесет в ближайшем будущем новые неожиданные открытия (рис. 1.4).



Рис. 1.4. «Аномальные» свойства воды

Выводы

1. Вода является важнейшим элементом жизни и деятельности человека.
2. Вода обладает аномальными физическими и химическими свойствами, которые необходимо учитывать при рациональном использовании воды и инженерно-экологической защите поверхностных и подземных водных объектов.
3. Природная вода, с одной стороны, используется для нужд питьевого, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения, а с другой — является средой обитания человека и гидробионтов, которые принимают активное участие в самоочищении воды.

4. Дефицит воды и ухудшение её качества обуславливают необходимость рационального её использования и инженерно-экологической защиты водных объектов.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается природная вода от дистиллированной воды?
2. Какая вода не имеет ни цвета, ни вкуса, ни запаха?
3. Какова самая простая модель молекулы воды?
4. Что означает понятие «ассоциаты молекулы воды»?
5. Какие устойчивые изотопы водорода и кислорода образуют молекулу воды?
6. Перечислите процессы перехода воды из одного агрегатного состояния в другое.
7. Чем объясняются аномальные физические свойства воды?
8. При какой температуре наблюдается наибольшая плотность воды?
9. На сколько процентов увеличивается объем воды при замерзании?
10. При какой температуре воды наблюдается наибольшая и наименьшая теплоемкость?
11. При какой температуре замерзает соленая вода и как это свойство используется при обессоливании воды?
12. Как большая теплота плавления и испарения воды влияет на гидрологический режим поверхностных вод?
13. Почему вода с кончика крана капает, а не льётся, а капля дождя в полете принимает округлую, слегка вытянутую форму?
14. Какие виды примесей содержатся в природной воде?
15. Благодаря каким свойствам вода обладает сильной полярностью и высокой абсолютной диэлектрической проницаемостью?
16. Какое свойство воды вызывает частичный или полный разрыв различных связей между атомами (диссоциация) и молекулами (ионизация) в веществах?
17. Каково соотношение между ионами H^+ и ионами OH^- в чистой воде, не содержащей даже растворенных газов? Какой раствор считается нейтральным?
18. Возможна ли жизнь на планете Земля в отсутствие воды?

19. Какие два пути имеет метаболизм живых организмов, включающих всю совокупность биохимических реакций?
20. Откуда автотрофные организмы, присутствующие в природной воде, получают энергию?
21. Способны ли гетеротрофные организмы синтезировать вещества из неорганических веществ, содержащихся в воде?
22. Чем отличаются анаэробный и аэробный процессы расщепления, протекающие внутри гетеротрофных клеток?
23. Какая роль принадлежит микроорганизмам в процессе самоочищения водных объектов?
24. Какие микроорганизмы содержит природная вода?
25. Какие минеральные вещества, содержащиеся в воде, являются питательными веществами для гидрофитов и оказывают влияние на их жизнедеятельность?
26. Какие аномальные физические и химические свойства воды уже известны, а какие ждут своих открытий?

Модуль 2. ГИДРОСФЕРА, ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Вода создает образ голубой планеты Земля и образует гидросферу. Гидросфера – это прерывистая водная оболочка Земли, совокупность морей, океанов, континентальных вод (включая подземные) и ледяных покровов (рис. 2.1). Моря и океаны занимают около 71 % земной поверхности. Суммарная площадь всех внутренних водоемов суши составляет менее 3 % ее площади. На долю ледников приходится около 10 % площади континентов.



Рис. 2.1. Состав гидросферы

Тема 2.1. Структура и функции гидросферы

Объем гидросферы составляет 1 454 193 тыс. км³. Из них 94,23 % находится в океанах, 4,12 % – это подземные воды. При этом следует учесть, что большая часть подземных вод относится к глубинным рассолам, а пресные воды составляют $\frac{1}{15}$ объема. Значителен также объём ледников: с пересчетом на воду он достигает $23,554 \cdot 10^6$ тыс. км³, или 1,62 % объема гидросферы. Озерной воды в 100 раз меньше – $230 \cdot 10^3$ тыс. км³, а в руслах рек содержится всего лишь $1,2 \cdot 10^3$ тыс. м³ воды, или 0,0001 % всей гидросферы (табл. 2.1).

Преобладающая часть гидросферных вод сосредоточена в Мировом океане. Мировой океан – основное замыкающее звено кру-

говорота воды в природе. Он отдает большую часть испаряющейся влаги в атмосферу. Водные организмы, населяющие поверхностный слой Мирового океана, обеспечивают возврат в атмосферу значительной части свободного кислорода планеты.

Таблица 2.1

Состав гидросферы

| Компоненты гидросферы | Объём воды, тыс. км ³ | Доля от общего объема, % |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Мировой океан | 1 370 323 | 94,23 |
| Подземные воды | 59 000 | 4,12 |
| Ледники | 23 554 | 1,62 |
| Озёра, включая искусственные | 750 | 0,03 |
| Почвенная влага | 85 | 0,006 |
| Пары атмосферы | 14 | 0,001 |
| Речные воды | 1,2 | 0,0001 |
| Итого | 1 454 193 | 100 |

Огромный объем Мирового океана свидетельствует о неисчерпаемости природных ресурсов планеты. Кроме того, Мировой океан является коллектором речных вод суши, ежегодно принимая около $39 \cdot 10^3$ км³ воды. Наметившееся в отдельных районах загрязнение Мирового океана грозит нарушить естественный процесс влагооборота в его наиболее ответственном звене – испарении с поверхности океана.

Важнейшее свойство гидросферы – единство всех видов природных вод (Мирового океана, вод суши, водяного пара в атмосфере, подземных вод), которые участвуют в процессе круговорота воды в природе. Движущими силами этого глобального процесса служат поступающая на поверхность Земли тепловая энергия Солнца и сила тяжести, обеспечивающие перемещение и возобновление природных вод всех видов.

Под воздействием солнечного тепла вода в природе совершает непрерывный круговорот. Водяной пар, который легче воздуха, поднимается в верхний слой атмосферы, конденсируется в мельчайшие капельки, образующие облака, из них вода возвращается на по-

верхность земли в виде осадков (дождя, снега). Выпадающая на поверхность земного шара вода частично поступает непосредственно в природные водоемы, частично собирается в верхнем слое почвы, образуя поверхностные и грунтовые воды.

Круговорот воды в природе обусловлен солнечной радиацией, под воздействием которой происходит испарение воды с поверхности океанов, морей, озёр и водохранилищ, а также с поверхности суши (рис. 2.2). Ежегодное испарение воды с поверхности планеты составляет $580 \cdot 10^3 \text{ км}^3$. Количество воды, испарившейся с поверхности океанов и морей, составляет около $510 \cdot 10^3 \text{ км}^3$, а с поверхности суши – $70 \cdot 10^3 \text{ км}^3$.



Рис. 2.2. Схема мирового влагооборота
(Источник: <https://infourok.ru/prezentaciya-po-biologii-voda-eto-zhizn-4674918.html>)

Поднимаясь в верхние слои атмосферы, испарившаяся вода конденсируется и под влиянием силы тяжести в виде осадков вновь возвращается в водные объекты и на сушу. Таким образом, основным источником осадков на поверхности материков является перенос воздушными течениями влаги, испарившейся с поверхности океанов и морей.

Основное количество испарившейся воды ($460 \cdot 10^3 \text{ км}^3$) выпадает на поверхность Мирового океана, не достигнув континентов. Остальная часть испарившейся воды ($120 \cdot 10^3 \text{ км}^3$) выпадает на поверхность суши и, стекая по склонам под воздействием силы тяже-

сти, образует водные потоки и пресные водоёмы, а также фильтруется в грунт, питая подземные воды. Количество осадков на суше превышает объём испарения примерно на $50 \cdot 10^3 \text{ км}^3$, и за счёт этого образуется речной и подземный сток.

Испарение с поверхности планеты является начальным звеном круговорота воды в природе, обеспечивающим не только возобновление наиболее ценного его компонента — пресных вод суши, но и их высокое качество. Показателем активности водообмена природных вод служит высокая скорость их возобновления, хотя различные природные воды возобновляются (замещаются) с неодинаковой скоростью. Наиболее мобильный агент гидросферы — речные воды, период возобновления которых составляет 10–14 суток.

Пригодные для использования пресные воды составляют ничтожную часть общих запасов воды на Земле (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Распределение объемов пресной воды на планете

| Части гидросферы | Объем пресной воды, км ³ | Доля в данной части гидросферы, % | Доля в общем объеме гидросферы, % |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Ледники | 24 000 000 | 100 | 85 |
| Подземные воды | 4 000 000 | 6,7 | 14 |
| Озёра и водохранилища | 155 000 | 55 | 0,6 |
| Почвенная влага | 83 000 | 98 | 0,3 |
| Пары атмосферы | 14 000 | 100 | 0,06 |
| Речные воды | 1 200 | 100 | 0,004 |
| Итого | 28 253 200 | — | 100 |

Однако несмотря на малый объем воды реки играют очень большую роль: они, как и подземные воды, удовлетворяют значительную часть потребностей населения, промышленности и орошаемого земледелия. Воды на Земле довольно много. Гидросфера составляет около $\frac{1}{4180}$ части массы нашей планеты. Однако на долю пресных вод, исключая воду, скованную в полярных ледниках, приходится немногим более 2 млн км³, или только 0,15 % всего объема гидросферы.

Водные ресурсы — это запасы поверхностных и подземных вод суши, которые используются в процессе материального производства или могут быть вовлечены в него. К концу прошлого столетия они стали фактором, лимитирующим развитие производительных сил и определяющим социально-экономическую ситуацию во многих странах и даже на континентах. Это связано с тем, что многие регионы мира начали испытывать дефицит воды. Такое положение обусловило необходимость качественного и количественного сохранения водных ресурсов.

Достижения научно-технического прогресса постоянно создают предпосылки для более полного использования вод благодаря рациональной организации водосберегающих технологий, включению в хозяйственный оборот не использовавшихся ранее вод (солончатых, соленых и др.), созданию различных гидротехнических сооружений, регулирующих речной сток для хозяйственных целей. Всё большее внимание уделяется изучению многолетних и сезонных колебаний, процессам возобновления водных ресурсов, асинхронности их распределения по крупным регионам. Учет этих особенностей при оценке водных ресурсов позволяет более планомерно и рационально организовать их использование.

Тема 2.2. Классификация водных ресурсов

Запасы воды на земном шаре огромны. В океанах, морях, ледниках, озёрах и реках сосредоточено свыше $1\,454 \cdot 10^6$ км³ воды, однако не все природные воды могут быть в настоящее время использованы как ресурсы. Водные ресурсы не являются синонимом природных вод. Они зависят не только от природных факторов, но и от экономического и социально-исторического развития. Определение водных ресурсов изменяется по мере развития человеческого общества. Чем больше потребность в воде и чем выше технические и экономические возможности, тем больше разнообразных природных вод входит в категорию водных ресурсов, которыми общество на данной стадии своего развития может располагать.

В настоящее время к категории водных ресурсов, как правило, относятся пресные и слабоминерализованные природные воды,

которые с учетом выполнения требований в области охраны вод используются населением и различными отраслями экономики или могут быть использованы в обозримой перспективе.

Водные ресурсы в основном принадлежат к категории возобновляемых природных ресурсов. В то же время они должны использоваться таким образом, чтобы исключить возможность необратимых изменений в состоянии окружающей среды.

Основными источниками водных ресурсов являются:

- природные поверхностные пресные воды;
- подземные пресные воды.

Дополнительными источниками водных ресурсов, используемых в настоящее время в ограниченном размере, но при определенных условиях перспективных в будущем, служат:

- минерализованные и термальные подземные воды;
- прибрежные морские воды;
- пресные воды ледников (в зависимости от развития техники доставки льда на дальние расстояния);
- солёные океанические воды;
- некоторые виды сточных вод.

Вторичное (многократное) использование забранных из природных источников вод становится всё более актуальным как в промышленности, так и в ирригации. Однако для реализации этого мероприятия в большинстве случаев требуется доочистка сточных вод, что связано с дополнительными затратами.

Поверхностные водные ресурсы подразделяются на местные и общие. *Местными* водными ресурсами считают воды, формирующиеся в данной местности, т. е. воды рек и озёр, водосборная площадь которых полностью расположена в пределах рассматриваемого объекта административно-территориального деления, экономического района, того или иного государства. К *общим* водным ресурсам относятся все воды, в том числе транзитные, формирующиеся за пределами рассматриваемой территории, например, на водосборной площади, расположенной выше границы государства или объекта административно-территориального деления. Понятие «поверхностные водные ресурсы» часто отождествляется с по-

нятием «речной сток», для количественного измерения которого используются расчетные гидрологические характеристики.

Подземные водные ресурсы подразделяются на естественные и эксплуатационные.

Под *естественными* подземными водными ресурсами подразумеваются воды, формирующиеся в естественных (не нарушенных эксплуатацией подземных водозаборов) условиях под влиянием атмосферных осадков, фильтрации из рек и озёр, просачивания и перетекания из вышерасположенных территорий. Сведения о величине этих ресурсов используются для составления водных балансов, оценки долевого участия подземного стока в речном стоке, в других гидрологических расчётах. При планировании водоохранных и водоохраных мероприятий используются данные об эксплуатационных ресурсах подземных вод, под которыми понимается количество подземных вод, которое может быть отобрано рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями. Эти ресурсы характеризуют предельные возможности извлечения подземных вод по относительно большим территориям в целом. В то же время необходимо принимать во внимание природное единство поверхностных и подземных вод, количественная оценка взаимосвязи которых представляет собой довольно сложную задачу, несмотря на многочисленные исследования в этом направлении.

При проектировании водозаборных сооружений используются сведения о разведанных запасах подземных вод, являющихся частью эксплуатационных ресурсов и определяемых на основе детальных разведочных работ, включающих бурение разведочных и опытных скважин и наблюдение за их водным режимом.

Тема 2.3. Поверхностные водные объекты

Поверхностные воды включают ледники, озёра, реки, водохранилища и болота. Среди них наибольшее практическое значение имеют воды рек. Годовой сток рек России оценивается в 10 % мирового речного стока, занимая второе место в мире после Бразилии, по территории которой протекает Амазонка.

2.3.1. Реки

Для удовлетворения потребностей человечества в воде реки представляют наибольший интерес. Их единовременный объём ничтожно мал. Однако в процессе круговорота влаги он возобновляется в течение года в среднем 23 раза. Таким образом, фактические ресурсы речных вод могут быть оценены в 4,27 тыс. км³/год.

Поверхность суши нашей планеты включает семь глобальных водосборных территорий (рис. 2.3):

- бассейн Атлантического океана;
- бассейн Тихого океана;
- бассейн Индийского океана;
- бассейн Северного Ледовитого океана;
- бассейн Южного океана;
- бассейн Средиземного моря;
- бассейн Карибского моря

и бессточные области, где формируется речной сток.

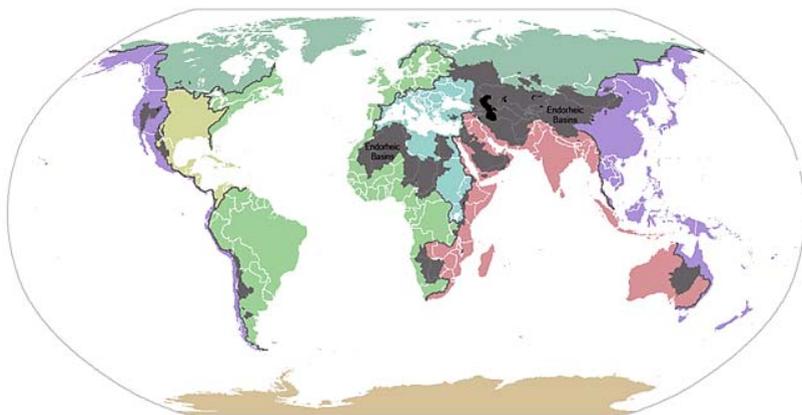


Рис. 2.3. Глобальные бассейны мира: ■ – бассейн Атлантического океана; ■ – бассейн Тихого океана; ■ – бассейн Индийского океана; ■ – бассейн Северного Ледовитого океана; ■ – бассейн Южного океана; ■ – бассейн Средиземного моря; ■ – бассейн Карибского моря; ■ – бессточная область
(Источник: <https://myslide.ru/presentation/gidrologiya-ozer>)

Реки России принадлежат бассейнам трех океанов: Северного Ледовитого, Атлантического и Тихого – и области внутреннего зам-

кнутого стока (Каспийское море). Чуть менее $\frac{2}{3}$ территории относится к бассейну Северного Ледовитого океана (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Распределение речного стока России по бассейнам океанов

| Бассейны | Площадь | | Водный сток | |
|--------------------------|---------------------|----|----------------------|----|
| | млн км ³ | % | км ³ /год | % |
| Северный Ледовитый океан | 11,3 | 66 | 2735 | 68 |
| Тихий океан | 3,3 | 19 | 853 | 21 |
| Атлантический океан | 0,8 | 5 | 170 | 4 |
| Каспийское море | 1,7 | 10 | 285 | 7 |

Здесь протекают крупнейшие реки Сибири: Обь, Енисей, Лена, Оленек, Индигирка (длина 1 726 км, годовой сток 58,3 км³), Колыма – и реки Восточно-Европейской равнины: Печора (длина 1 809 км, сток 130 км³), Северная Двина (соответственно 1 302 км и 109 км³). Восточная окраина России (около 20 % территории) принадлежит бассейну Тихого океана, где преобладают сравнительно небольшие реки. Наиболее крупными реками здесь являются Амур, половина площади бассейна которого находится за пределами России, и Анадырь (1 150 км, 53 км³).

Около 10 % территории приходится на бассейн Каспийского моря. Основная река этого региона – Волга, являющаяся самой крупной рекой Европы. Подавляющую часть своего стока Волга собирает в северной части бассейна, лежащей в лесных зонах, ниже устья Камы приток вод незначителен. Из других рек к бассейну Каспия относятся Терек (623 км; 9,5 км³), Самур (213 км; 2,4 км³), Урал (2 534 км; 12,4 км³), верхнее и среднее течение которого находится в России, где и формируется основной сток. Около 5 % площади страны принадлежит бассейну Атлантического океана. В Азовское море несут свои воды Дон (1 870 км; 29,5 км³) и Кубань (830 км; 13,4 км³), в Балтийское – Нева (74 км; 79,8 км³).

В пределах России насчитывается свыше 2,5 млн рек. Густота речной сети на равнинах достигает максимума в тайге и закономерно уменьшается к северу и югу. Особенно хорошо эта закономерность прослеживается на Восточно-Европейской и Западно-Сибирской

равнинах. Наименьшая густота речной сети (менее 0,01 км/км²) характерна для Прикаспийской низменности.

С продвижением к югу не только уменьшается густота речной сети, но и постепенно увеличивается количество временных водотоков, а число постоянных сокращается. С увеличением высоты местности (на возвышенностях, в горах) густота речной сети возрастает, достигая максимума (более 1,62 км/км²) на Кавказе.

Все водотоки разделяются на крупные, большие, средние, малые реки (рис. 2.4). Классификация рек по протяженности: малые – протяженность до 10 км, средние реки – 10–100 км, большие реки – 100–500 км, крупные – более 500 км.

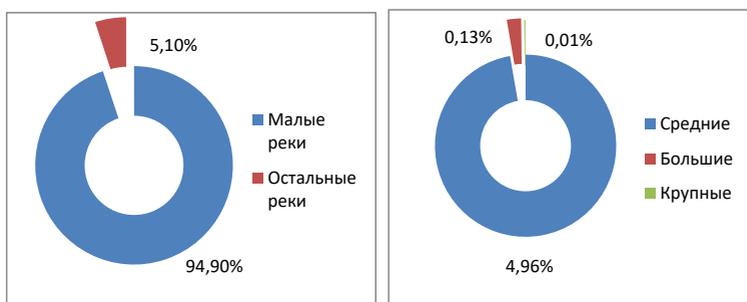


Рис. 2.4. Протяженность рек в процентах от их суммарной длины

Подавляющее большинство российских рек имеет длину менее 10 км. Рек длиной более 10 км насчитывается всего около 120 тыс. (примерно 5 % общего числа рек). Общая протяженность их составляет 2,3 млн км. Но и среди этих рек резко доминируют так называемые средние реки, длина которых не превышает 100 км. Эти малые и средние реки формируют около половины суммарного речного стока. Большие реки имеют длину от 101 до 500 км. Реки длиной более 501 км считаются крупными. На их долю приходится около 200 рек. И лишь 47 рек России имеют длину более 1000 км. Из них 17 рек самостоятельно впадают в моря (в том числе и в Каспийское озеро), а остальные являются притоками других больших рек.

Длина ряда рек, протекающих по территории России, измеряется тысячами километров, а площадь бассейна – миллионами квадратных километров (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Основные водосборные территории рек России
(Источник: <https://water-rf.ru/water/gosdoc/574.html>)

Из 34 крупнейших рек мира, имеющих длину более 2000 км, в России находятся семь рек (табл. 2.4).

Самая длинная река из всех, протекающих по территории России, – Обь с Иртышом (5 410 км). Она же имеет и самую большую площадь бассейна, часть которого находится за пределами России. Из рек, бассейн которых полностью находится на территории России, самой длинной является Лена (4 400 км). Самая многоводная река – Енисей (624 км³/год).

Водность рек определяется величиной поверхностного стока и площадью бассейна. В Северный Ледовитый океан реки выносят 2 735 км³ воды в год, что составляет 68 % от общего речного стока России. Столь большой сток обусловлен и большой площадью бассейна, и высоким модулем стока. На бассейн Каспийского моря приходится лишь около 7 % общего стока, что объясняется меньшей водностью рек в условиях более высокого испарения влаги.

Неоднородность климатических условий на территории России находит свое отражение не только в густоте речной сети, водности рек и величине годового стока, но также в источниках питания и режиме рек.

Крупнейшие реки России

| Река | Длина, км | Площадь бассейна, км ² | Годовой сток, км ³ | Среднегодовой секундный расход воды, м ³ /с |
|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| Обь с Иртышом ¹ | 5 410 | 2 990 000 | 404 | 12 800 |
| Амур с Аргунью ² | 4 440 | 1 850 000 | 344 | 10 900 |
| Лена | 4 400 | 2 490 000 | 536 | 17 000 |
| Енисей с Большим Енисеем | 4 092 | 2 580 000 | 624 | 19 800 |
| Волга | 3 531 | 1 360 000 | 251 | 7 950 |
| Оленёк | 2 270 | 219 000 | 57 | 1 800 |
| Колыма | 2 129 | 647 000 | 120 | 3 800 |

Речной сток зависит не только от количества осадков, которые непосредственно стекают по поверхности суши, но и от количества воды, поступающей из подземных бассейнов, в определенной степени являющихся регуляторами стока рек. Для рационального использования водных ресурсов весьма важно понимать процессы взаимосвязи речного и подземного стоков. Простое сложение величин поверхностных и подземных водных ресурсов недопустимо, так как в многоводные периоды года речные воды являются источником пополнения запасов подземных вод, а в маловодные периоды подземные источники регулярно питают водой реки, озёра и водохранилища. Подземные воды обычно движутся по направлению к понижениям земной поверхности. В зависимости от разности между количеством осадков, поступивших в грунт путём инфильтрации и конденсации, и количеством протекающих подземных вод уровень подземных горизонтов колеблется, то повышаясь, то понижаясь.

Речной сток формируется за счет поверхностного и подземного питания. Поверхностный сток образуется на территории водосборной площади в результате выпадения дождей и таяния снега. Время

¹ Обь от слияния Бии и Катуня имеет длину 3 650 км.

² Амур от слияния Шилки и Аргуни – 2 824 км, а от истока Шилки (Онона) – 4 416 км.

добегания воды с наиболее удаленных точек водосборной площади зависит от рельефа местности, густоты речной сети и водно-физических свойств почвогрунтов и варьирует примерно от одних до пятнадцати суток.

Проходя по поверхности водосбора, сток приобретает специфичный гидрологический режим и формирует характерный химический состав за счет вымыва веществ из почвы. Так, удельный вымыв фосфора с территории водосбора, занятой смешанными лесами, составляет порядка 0,056 кг/га, луга дают реке около 0,1 кг/га, а низинные болота — 0,4 кг/га. Объем вымыва фосфора с сельскохозяйственных площадей составляет в среднем 1–5 кг/га, т. е. в 3–100 раз больше, чем с естественных угодий.

Таким образом, качественный и количественный сток рек определяется условиями, которые складываются на водосборной площади. Подземный сток более инертен. По сравнению с поверхностным подземный сток складывается из грунтовой и межпластовой составляющих. Последний обеспечивает реке в количественном и качественном плане определенную фоновую составляющую, формируя минимальный объем воды в реке. С учетом условий формирования речной сток может служить индикатором состояния водосборной площади и условий хозяйственной деятельности человека.

Большинство крупных рек протекают по равнинам. Равнинные реки имеют широкие долины и небольшие уклоны, что определяет спокойный режим стока с небольшими скоростями. Например, наименьший средний уклон имеет река Обь — 0,0004 (0,04 ‰), а наибольший уклон равнинных рек имеет Енисей, на отдельных участках уклон доходит до 0,00037 (0,37 ‰).

Важными для речной экосистемы являются внутригодовые изменения стока, так как в сезонном плане существенно изменяются природные функции реки. Внутри года меняются составляющие гидрографа стока реки (рис. 2.6).

Весна характеризуется большими расходами, глубинами и скоростями течения воды. Так, на весенний период приходится до 60–80 % объема годового стока. Бурные потоки воды обладают большой транспортирующей способностью, что позволяет рекам очиститься от наносов и отложений (самоочищение реки), которые выносятся на

заливные луга, откладываются в старицы или перераспределяются по руслу реки. При этом за счет стоков с водосборной площади, особенно с заливных пойм, вода насыщается биогенными веществами.

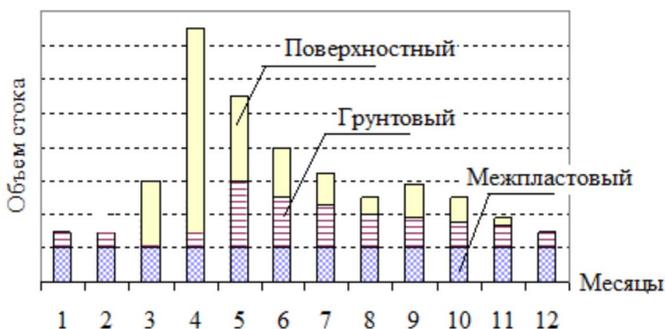


Рис. 2.6. Составляющие гидрографа стока реки

В водохозяйственных и водно-экологических расчётах наиболее используемыми являются следующие характеристики речного стока: норма стока или его среднемноголетнее значение, годовой и месячный сток расчётной обеспеченности, максимальные и минимальные расходы воды, наивысшие и наименьшие уровни воды рек и озёр.

Вопросами классификации рек в связи с климатическими особенностями территории занимались А.И. Воейков, Д.Б. Зайков, М.И. Львович, П.С. Кузин и др. А.И. Воейков (1884) назвал среди источников питания рек снеговой, дождевой и ледниковый (в том числе высокогорный снеговой). М.И. Львович (1938) дополнил эти источники грунтовым питанием, которое не было учтено А.И. Воейковым. Однако снег, дождь, лед, грунтовые воды – это лишь различные виды и состояния вод, а главным, почти единственным первичным источником речного стока являются атмосферные осадки. В природе не существует рек, имеющих лишь один источник питания. Обычно в разном соотношении участвуют несколько источников.

Для рек России характерны две отличительные особенности питания:

1) благодаря положению страны в умеренных и высоких широтах и континентальности климата, в питании рек почти повсеместно принимает участие снежный покров;

2) для большинства рек характерны три источника питания: талые снеговые, дождевые и грунтовые воды. Значительно меньшее количество рек имеет либо все четыре источника питания, либо два в различных сочетаниях (снеговое + дождевое, снеговое + грунтовое, дождевое + грунтовое). Источник питания, который обеспечивает большую часть годового стока, считается преобладающим.

На большей части территории России в той или иной мере преобладает снеговое питание рек, что чрезвычайно характерно для районов с достаточно устойчивой снежной зимой, которая наблюдается на значительной части страны. Там, где снега выпадает мало (Забайкалье, Приамурье) либо зимы мягкие и осадки часто выпадают в виде дождей (Калининградская область), находятся реки с преобладанием дождевого питания. В горных районах со значительным современным оледенением (Кавказ, Алтай) возрастает роль ледникового питания. Рек с преобладанием грунтового питания в России очень мало. Они встречаются на Камчатке в районах распространения вулканических пород, в предгорьях Кавказа. Примером таких рек является река Авача на Камчатке, грунтовое питание которой достигает 60 %.

При более детальном изучении роли отдельных источников питания в формировании полного стока рек России обнаруживается ряд особенностей их территориального изменения. При движении с севера на юг наблюдается устойчивое увеличение доли снегового питания (табл. 2.5) при одновременном уменьшении его абсолютных размеров.

Увеличивается доля дождевого питания рек по направлению от центральных к западным и восточным районам (при приближении к Атлантическому и Тихому океанам). Так, в центральных районах лесной зоны дождевое питание составляет 20–30 %, в бассейне Балтийского моря – 30–40 %, в бассейне Охотского и Японского морей – 60 %. Увеличение дождевого питания на западе России обусловлено мягкими зимами и увеличением количества жидких осадков за счет твердых, а в Приморье и Приамурье – летними муссонными дождями и малоснежными зимами.

Таблица 2.5

Соотношение различных источников питания в годовом стоке рек

| Зона | Река | Питание, % | | |
|---------------------------|----------------|------------|----------|-----------|
| | | снеговое | дождевое | подземное |
| Тундра | Пяси́на | 54 | 39 | 7 |
| Тайга | Сухона | 60 | 19 | 21 |
| Лесостепь и степь | Медве- дица | 73 | 6 | 21 |
| Сухая степь и полупустыня | Малый Узень | 88 | 2 | 10 |

Происходит значительное уменьшение доли грунтового питания в районах распространения многолетней мерзлоты. В северных районах Сибири оно меньше 10 %, а в тайге Восточно-Европейской равнины возрастает до 20–30 %.

В горных районах доля различных источников питания меняется с высотой, что служит одним из проявлений высотной поясности. По мере подъема возрастает доля снегового питания. В гляциально-нивальном поясе основным источником питания рек становятся талые воды вечных снегов и ледников.

От соотношения различных источников питания зависит внутригодовое распределение стока, т. е. режим рек. Все реки нашей страны по режиму делятся на три типа:

- 1) реки с весенним половодьем;
- 2) реки с половодьем в теплую часть года;
- 3) реки с паводочным режимом.

Рек с паводочным режимом чрезвычайно мало в России; к ним относятся реки Черноморского побережья Кавказа.

На основе одновременного учета источников питания и режима М.И. Львович выделил климатические типы рек, или типы водного режима. Из 38 типов, выделенных для рек земного шара, на территории России встречаются 17 типов, которые могут быть обобщенно представлены пятью климатическими типами. Необходимо отметить, что все реки России имеют основной сток в теплую часть года, весной или летом. Зимой для рек характерна межень.

1. *Реки преимущественно снегового питания с весенним половодьем.* К этому типу относится большая часть рек России: реки Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин, Среднесибирского плоскогорья и значительной территории Северо-Востока. Половодье на всех этих реках связано с таянием снегового покрова, поэтому приходится на весну — начало лета. Чем южнее, тем раньше и тем дружнее тает снег, тем раньше начинается половодье; в северных регионах, наоборот, половодье смещается на более поздние сроки и более растянуто во времени.

Для всех рек этого типа характерны контрастные сезонные колебания их стока, связанные с источниками питания. На крайнем севере Восточно-Европейской равнины, на большей части Сибири и на Северо-Востоке многоводные летние или весенние разливы рек сочетаются с крайне маловодной зимней меженью, когда реки скованы льдом и питаются исключительно грунтовыми водами, вплоть до полного прекращения стока (пересыхания) в районах многолетней мерзлоты. В южных районах распространения этого типа летом реки мелеют или даже пересыхают, несмотря на то что на лето приходится максимум осадков. Это обусловлено значительным увеличением испарения при высоких летних температурах. Осенью при понижении температур и сокращении испарения уровень воды в реках увеличивается. На долю снегового питания приходится 50–80 %, а в южном Заволжье и в Прикаспийской низменности — свыше 80 % годового стока. Лишь в северо-западных районах Восточно-Европейской равнины, на крайнем юге Средней Сибири, в Саянах и Туве за счет снегового питания формируется менее 50 % речного стока, но объем его значительно больше, чем дождевого и подземного. Таким образом, снеговое питание преобладает.

2. *Реки ледникового питания с половодьем в теплую часть года.* К этому типу относятся реки высокогорных ледниковых районов Кавказа, Алтая, Камчатки и др. Особенно сильно таяние ледников сказывается на водном режиме рек Кавказа: Терек с притоками Баксан, Малка и др. и Кубани. Это реки преимущественно ледникового питания. Талые воды ледников и вечных снегов составляют более половины их годового стока. Черты ледникового режима этих рек сохраняются до нижнего течения. В высокогорьях Алтая, в ледниковых районах хребтов Сунтар-Хаята и Черского, Камчатки для

рек характерно преобладание ледникового питания (включая и высокогорное снеговое). Все реки данного типа имеют сток преимущественно летом, когда и происходит таяние ледников.

Реки с преобладанием дождевого питания (типы 3 и 4) наиболее характерны для восточных районов страны, где мала мощность снежного покрова и ведущую роль в формировании стока играют дождевые воды.

3. *Реки районов муссонного климата с высокой водностью в теплую часть года.* Этот тип характерен для Приморья и Приамурья. Влияние летнего муссона на режим рек проявляется в продолжительных и высоких летних паводках, сливающихся подчас в единую волну, и в маловодности рек зимой. Так как снега зимой выпадает мало, а весной он частично испаряется, минуя жидкую фазу, весеннее половодье здесь невелико. Летние паводки (вторая половина лета — начало осени) связаны с муссонными дождями, которые бывают обложными и продолжительными. Дождевое питание обеспечивает 50–80 % годового стока.

4. *Реки районов многолетней мерзлоты с повышенной летней водностью.* В бассейнах Яны и Индигирки, в горах Забайкалья и Прибайкалья преобладание дождевого стока обусловлено крайне малым количеством зимних осадков и незначительным снежным покровом, а также скудным грунтовым питанием из-за распространения многолетней мерзлоты. В северных и высокогорных районах снег тает при одновременном питании рек дождевыми осадками. Весь сток здесь проходит в течение кратковременного лета, а в остальную часть года реки очень маловодны или сток в них иссыкает. В низкогорных районах Забайкалья таяние снега происходит весной, что обуславливает некоторое повышение водности рек. Сток рек этого типа за теплый период достигает 90–95 % годового.

5. *Реки с преобладанием дождевого питания и паводочным режимом.* Эти реки распространены лишь на Черноморском побережье, в северных предгорьях Кавказа и в Калининградской области. Мощность снежного покрова здесь невелика, поэтому нет высокого половодья. Около половины годового стока (а на Черноморском побережье — более половины) формируется за счет дождей, вызывающих кратковременные, подчас высокие, паводки не только в теплый, но и в холодный период года.

Почти все реки России зимой замерзают. В конце сентября устанавливается ледовый покров на реках Таймыра. В течение октября почти все реки Сибири покрываются льдом. Лишь на юге Западной Сибири и в бассейне Ангары ледостав начинается в первой декаде ноября. Реки Восточно-Европейской равнины, Приморья и большей части Сахалина замерзают в ноябре; реки юга Камчатки, Калининградской области и Предкавказья – в декабре. Лишь горные реки Кавказа обычно не замерзают.

Вскрытие рек начинается в Предкавказье в марте. К началу апреля освобождаются ото льда реки южных и западных районов европейской части России. В мае наблюдается ледоход в северных районах Восточно-Европейской равнины и на большей части Сибири. И лишь в июне освобождаются ото льда реки Крайнего Севера России. Таким образом, продолжительность ледостава сокращается от 8 месяцев на севере до 2,5 месяца в Предкавказье.

По ледовому режиму большинство рек страны относится к рекам с устойчивым ледоставом различной длительности. К рекам с неустойчивым ледоставом, наблюдающимся не ежегодно, относятся реки Калининградской области и Предкавказья. К рекам с ледовыми явлениями, но без ледостава относятся горные реки Кавказа и частично Алтая, на быстрых горных реках которого ледостава почти не бывает, но зимой образуется обильная шуга.

Все реки России в зависимости от рельефа их бассейна подразделяются на равнинные и горные. Для равнинных рек, текущих в широких долинах и имеющих небольшие уклоны, характерно спокойное, медленное течение, поэтому они удобны для судоходства, но относительно небогаты гидроэнергией. Кроме того, сооружение ГЭС на этих реках приводит обычно к затоплению больших площадей. Горные реки текут часто в узких ущельях, имеют большие уклоны, в их продольном профиле часто встречаются пороги и водопады. Они непригодны для судоходства, но, имея быстрое течение, обладают большими запасами гидроэнергии.

В связи с большой скоростью и энергией горные реки обладают огромной разрушительной силой, переносят массу наносов во взвешенном и влекомом состоянии. Реки, бассейны которых сложены легкоразмываемыми песчано-глинистыми породами, имеют

особенно высокую мутность. Рекордной величины (2500–4000 г/м³) мутность достигает у рек Дагестана (Сулак, Самур, Терек). Мутность равнинных рек мала. На реках тундр и лесных зон она составляет менее 50 г/м³, к югу возрастает до 150 г/м³ (лесостепь), а местами и до 500 г/м³ (в степной зоне с высокой степенью распаханности и распространением лёссовидных пород).

2.3.2. Озера

В ряде регионов земного шара большую роль в жизни человека играют озёра. Их скопления приурочены к областям древнего и современного оледенения, к районам крупных тектонических разломов земной коры и к засушливым бессточным районам. Примерами озерных стран могут служить Канада, Финляндия, Швеция, а также Северо-Запад европейской территории России. Площадь озер в Финляндии и Швеции составляет около 10 % территории этих стран, в то время как площадь всех озер мира составляет около 1,4 % площади суши.

На территории России 2,7 миллиона озёр суммарной площадью более 350 тыс. км² (без учёта Каспийского моря-озера). Общие запасы озёрных вод достигают 26,5 тыс. км³ (без Каспия). Преобладающая часть озёр имеет ледниковое происхождение.

Крупнейшие озёра европейской части России расположены в основном на северо-западе страны: Ладожское и Онежское озера, Чудско-Псковское озеро на границе с Эстонией, Ильмень, а также Топозеро, Выгозеро и другие жемчужины «озёрного края» – Карелии (табл. 2.6).

Крупнейшее озеро России (без учёта Каспия) – Байкал. Оно является и самым глубоким в мире. Байкал расположен в рифтовой впадине и имеет возраст приблизительно 25–30 млн лет. Озеро Байкал содержит 85 % пресной озёрной воды России и 22 % мировых запасов пресной воды. Длина озера составляет 636 км, средняя ширина – 48 км, общая площадь – 31,7 тыс. км², наибольшая глубина – 1620 м. Также большой глубиной отличаются Телецкое озеро на Алтае (325 м) и Хантайское озеро в Предтаймырье (520 м).

Характеристика крупных озер России

| Озеро | Площадь, км ² | Средняя глубина, м | Запас воды, км ³ | Водный ресурс, км ³ /год |
|------------|--------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Каспийское | 395 000 | 190,0 | 76 040 | 266,4 |
| Байкал | 31 700 | 730,0 | 23 000 | 60,1 |
| Ладожское | 17 700 | 5,1 | 908 | 74,8 |
| Онежское | 9 720 | 29,0 | 285 | 19,9 |
| Зайсан | 5 510 | 9,6 | 53 | 19,4 |
| Ханка | 4 150 | 4,0 | 18,5 | 2,0 |
| Таймыр | 4 650 | 2,8 | 13 | 0,3 |

Однако подавляющее большинство российских озёр относится к небольшим водным объектам. Многочисленные озёра расположены на северо-западе европейской части России, особенно в Карелии и на Западно-Сибирской равнине. Среди озёр преобладают пресные, но имеются и солёные озера. Крупнейшее из солёных озёр (оз. Чаны) занимает площадь 1990 км² и расположено в юго-западной Сибири.

На территории России и стран ближнего зарубежья насчитывается свыше 2,8 млн озёр общей площадью 500 тыс. км². В основном это небольшие водоемы – менее 1 км². Около 40 тыс. озёр имеют площадь от 1 до 50 км² и лишь 181 озеро – более 100 км².

В природе озёра выполняют следующие основные функции:

- аккумулирующую, когда вещества, стекающие с территории водосбора и транспортируемые реками, накапливаются в озерах;
- регулирующую, которая обуславливает перераспределение воды во времени, что снижает высоту половодий и паводков, создавая более равномерный внутригодовой режим стока рек.

В настоящее время озёра служат источником питьевого, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения. Озёра используются для туризма, отдыха, спорта и рыбного хозяйства.

2.3.3. Водохранилища

В связи с тем, что водные ресурсы в естественном состоянии не могли удовлетворить разносторонние требования развивающегося хозяйства, потребовалось создание водохранилищ. Водохранилища стали сооружать ещё в глубокой древности для обеспечения водой населения и сельского хозяйства. Одним из первых на Земле считаются водохранилище с плотиной Садд-эль-Кафара, созданное в Древнем Египте в 2950–2750 гг. до н. э. В XX в. водохранилища стали сооружать повсеместно. В настоящее время их на земном шаре более 60 тыс.; ежегодно в строй вводится несколько сот новых водохранилищ. Общая площадь всех водохранилищ мира более 400 тыс. км², а с учетом подпруженных озёр – 600 тыс. км². Суммарный полный объём водохранилищ достиг почти 6,6 тыс. км³. Многие реки земного шара: Волга (рис. 2.7), Днепр, Ангара, Миссури, Колорадо, Парана – превращены в каскады водохранилищ. Через 30–50 лет водохранилищами будет зарегулировано $\frac{2}{3}$ речных систем земного шара.

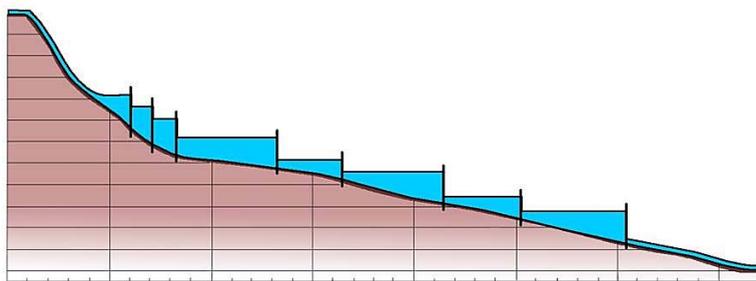


Рис. 2.7. Волжский каскад из 8 водохранилищ

Самые большие по площади водохранилища в мире (без учета подпруженных озёр) – это Вольта в Гане на р. Вольте, Куйбышевское в России на Волге, Братское в России на Ангаре, Насер в Египте на Ниле. Самый большой полезный объём (без учета подпруженных озёр) имеют водохранилища Вольта, Насер, Братское, Карива (на р. Замбези в Замбии и Зимбабве).

Приблизительно 95 % объёма всех водохранилищ мира сосредоточено в крупных искусственных водоёмах с полным объёмом более 0,1 км³. В настоящее время таких водохранилищ более 3 тыс.

Большинство из них расположено в Азии и Северной Америке, а также в Европе.

В России неравномерность распределения стока по сезонам года, отдельным годам и потребности различных отраслей хозяйства вызвали необходимость создания большого числа водохранилищ — свыше 4 тыс. Их общий объем составляет 1194 км³, полезный — 587 км³, площадь водного зеркала — 86,6 тыс. км².

Водохранилища позволяют обеспечить гарантированное водоснабжение за счет перераспределения водных ресурсов. В настоящее время в России функционируют 2290 водохранилищ объемом свыше 1 млн м³ и 30 тыс. малых водохранилищ и прудов. Общая емкость водохранилищ составляет 800 км³. К крупным и особо крупным объектам относятся 325 водохранилищ (емкостью более 10 млн м³). Наибольшее количество водохранилищ находится в Приволжском федеральном округе — 600, Центральном — 434, Уральском — 383. Самые крупные водохранилища находятся в азиатской части России. Так, средний объем одного водохранилища Сибирского федерального округа достигает 26,4 км³, Дальневосточного — 7,4 км³, а, например, Приволжского — 1,4 км³. В России насчитывается более 100 крупных водохранилищ с объёмом более 0,1 км³ каждое. Их суммарные полезный объём и площадь равны соответственно около 350 км³ и более 100 тыс. км².

Наряду с позитивной ролью водохранилищ следует отметить их негативное влияние на окружающую среду, которое заключается, например, в следующем:

- затопление и подтопление земельных угодий;
- разрушение берегов;
- активизация оползневых явлений, в зону которых попадают многие населенные пункты, включая такие крупные, как Волгоград, Саратов, Ульяновск;
- ухудшение технического состояния гидроузлов, большинство из которых нуждается в текущем ремонте, а сотни находятся в предаварийном состоянии.

Озёра, водохранилища и в меньшей степени реки пополняются также осадками, выпадающими непосредственно на поверхность водных объектов. В свою очередь реки могут подпитываться запасами воды, которые образуются в озёрах и водохранилищах.

2.3.4. Болота

Основные болотные массивы России сосредоточены в Северо-Западном и Сибирском, на севере Центрального и юге Уральского федерального округа. Болота занимают 140,8 млн га, что составляет около 8 % территории страны. В них сосредоточено около 3000 км³ статических запасов природных вод. Среднемноголетние эксплуатационные ресурсы болот составляют порядка 300 км³/год.

Наибольшее количество болот находится в бассейнах рек Васюган — 70 % (рис. 2.8), Онега и Обь — по 25 %, Печора — 20,3 %, Усури — 20 %, Нева — 12,4 % (рис. 2.9). Также заболоченная местность наблюдается на реках Мезень, Амур, Днепр, Западная Двина и других водных бассейнах.



Рис. 2.8. Васюганские болота

(Источник: <https://about-planet.ru/priroda-azii/vasyuganskie-bolota-v-sibiri>)



Рис. 2.9. Сестрорецкое болото

Вода болот низкого качества, что не позволяет использовать ее даже для технических целей. Требуемая водоподготовка в настоящее время слишком дорогая, поэтому воды болот в России не используются для целей водопотребления.

Однако болота играют важную роль в формировании гидрологического и гидрохимического режима рек. Их замедленный водообмен позволяет аккумулировать сток с водосборной площади во время снеготаяния и выпадения дождей и перераспределять его в течение года, делая режим стока более равномерным. Поэтому болота приводят к снижению расходов половодья и паводков и увеличению объемов стока в меженные периоды.

Кроме того, болотные участки являются природными фильтрами, которые задерживают весь мусор и грязь, поступающие в реки и озера со склонов речных долин, что снижает загрязненность поверхностного стока и тем самым регулирует его гидрохимический режим.

2.3.5. Ледники

Ледники — огромные ледяные массивы, передвигающиеся по земной поверхности. Если ледник не движется, его называют «мертвый лед». В России выделяют четыре вида ледников:

- 1) материковые ледники;
- 2) ледники, расположенные у подножия горных массивов;
- 3) долинные ледники;
- 4) ледниковые шапки, покрывающие поверхность горных хребтов.

Ледники образуются в местах, где процессы накопления снега превышают его таяние. Новый снег выпадает на многолетний слой снега. Во время таяния появляются кристаллы льда. Они постепенно скапливаются в большие массы льда, которые со временем могут прийти в движение.

Ледниковые покровы преобладают на островах Арктики, они имеют общую площадь около 52 тыс. км², здесь встречаются и горные ледники суммарной площадью около 3,55 тыс. км². На арктических архипелагах распространение ледниковых покровов асимметрично и уменьшается к востоку (на Новосибирских островах ледники отсутствуют) в соответствии с сокращением поступления атлантической влаги. Основная их часть находится на западной сто-

роне островов. Преобладают ледниковые купола разных размеров, включая крупные ледниковые покровы на острове Северный архипелага Новая Земля и на больших островах Северной Земли. По периферии ледниковых куполов широко развита сеть выводных ледников, нередко спускающихся в море. У берегов Земли Франца-Иосифа и Северной Земли встречаются небольшие шельфовые ледники. Почти $\frac{1}{4}$ расхода льда приходится на облом айсбергов. Всего за год в виде айсбергов откалывается 6,2 км³ льда, в том числе на Новой Земле 2,2 км³, на Земле Франца-Иосифа 2,5 км³, на Северной Земле 1,5 км³. Кроме того, около 2 км³ льда ежегодно теряется от таяния и разрушения льда на обрывах ледяных берегов. Горные ледники встречаются практически во всех горных системах России – от Урала и Кавказа до Чукотского полуострова и полуострова Камчатка.

Основные районы скопления ледников в России (общая площадь, количество ледников):

- Большой Кавказ (1,424 тыс. км², 2 047);
- Алтай (906,5 км², 1 499);
- Камчатка (874,1 км², 405);
- Корякский хребет (259,7 км², 1 335);
- горы Сунтар-Хаята (201,6 км², 208);
- хребет Черского (156,2 км², 372);
- горы Бырранга (30,5 км², 96);
- Саяны (30,3 км², 105);
- Уральские горы (28,7 км², 143).

Ледники являются своеобразными аккумуляторами пресной воды. На территории России основная масса ледников сосредоточена на арктических островах и в горных районах (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Льды в Арктике (слева) и в горных районах
(Источник: <https://pxhere.com/ru/photo/135504>)

Ледники выполняют функцию перераспределения стока и атмосферных осадков и регулирования стока горных рек.

Рассматривается возможность использования воды айсбергов. По расчетам американских специалистов, транспортировка айсберга объемом 10 млрд м³ в Калифорнию (США) и создание специального водохранилища, где будет накапливаться талая вода из айсберга, потребует не больше 1 млн долларов, стоимость же полученной воды составит не меньше 100 млн долларов. Использование пресной воды ледника намного выгодней опреснения солёной воды или транспортировки пресной воды из отдаленных районов.

Тема 2.4. Подземные воды

Подземные водные ресурсы обладают высокой степенью защищенности от техногенного загрязнения, поэтому их экологическое состояние по сравнению с поверхностными водами намного лучше, что обуславливает максимальное их использование для питьевого водоснабжения.

Значительная часть атмосферных осадков, выпадающих на земную поверхность, фильтруясь через почвы и горные породы, пополняет запасы подземных вод, которые находятся в основном в толще горных пород верхней части земной коры. Подземные воды делятся на поровые (в песках, галечниках), трещинные (в скальных породах) и карстовые (в растворимых породах). Насыщенные водой слои горных пород образуют водоносные горизонты. Несколько взаимосвязанных и этажно расположенных водоносных горизонтов называют водоносными комплексами.

2.4.1. Естественные и эксплуатационные ресурсы

Гидрогеологи при исследовании подземных вод выделяют естественные и эксплуатационные ресурсы. Естественные запасы подземных вод характеризуют общее количество воды в водоносном пласте, а эксплуатационные обозначают количество воды, которое может добываться в единицу времени из водоносного горизонта. Крупные месторождения подземных вод сосредоточены в межгорных впадинах и предгорных прогибах. Модули эксплуатационных

ресурсов в этих районах достигают $10 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, а дебиты отдельных водозаборов превышают несколько кубических метров в секунду. В этих районах потребность городского и сельского населения полностью обеспечивается подземными водами. Большая часть населения удовлетворяет потребность в хозяйственно-питьевой воде за счет этих вод в таких артезианских бассейнах, как Московский, Днепровско-Донецкий, Прибалтийский, Западно-Сибирский и др. Здесь модули эксплуатационных ресурсов составляют от 1–2 до 3–5 $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. Неблагоприятными гидрогеологическими условиями характеризуются Балтийский и Украинский кристаллические щиты, а также ряд районов Урала, Сибири, Крайнего Севера, Северо-Востока, Дальнего Востока, Центрального Казахстана и некоторые другие. В этих районах модули эксплуатационных ресурсов обычно не превышают $0,1–0,2 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

Естественные ресурсы подземных вод составляют примерно $790 \text{ км}^3/\text{год}$. Потенциальные эксплуатационные ресурсы составляют около $316 \text{ км}^3/\text{год}$. Более трети потенциальных ресурсов сосредоточено в европейской части страны. Небольшие запасы пресных подземных вод расположены в Северо-Западном и Южном федеральных округах, на юге Приволжского и в отдельных областях Центрального федерального округа. В целом по стране степень освоения запасов подземных вод не превышает 19 %.

2.4.2. Взаимосвязь поверхностных и подземных вод

Круговорот воды связывает воедино все части гидросферы: океан, воды суши, подземные воды, почвенную влагу и атмосферные воды. Активной составляющей круговорота являются подземные воды. Они играют существенную роль в водном балансе речных бассейнов. Заметна их роль в водном балансе отдельных районов суши, морей и даже океанов. Подземные воды участвуют в гидрологическом цикле в качестве подземной составляющей речного стока и подземного стока, поступающего в крупные озера, моря и океаны, минуя речную сеть.

Роль подземных вод в формировании водного баланса и водных ресурсов в отдельных регионах характеризуется значениями коэффициентов подземного стока и подземного питания рек.

Первый из них показывает, какая часть атмосферных осадков расходуется на питание подземных вод, а второй — долю подземного стока в общем пресном стоке. Коэффициент подземного стока на территории России изменяется от менее 1 % до 50 % и более, составляя в среднем 9 %. Среди множества факторов, характеризующих коэффициент подземного стока, первостепенное значение имеют соотношение атмосферных осадков и испаряемости, а также состав и мощность пород зоны аэрации. На равнинной территории этих стран наблюдается, как правило, уменьшение подземного стока с северо-запада на юго-восток с 10–20 % в зоне избыточного увлажнения до 1 % и менее в степных и полупустынных районах. На возвышенностях и в горных районах отмечается увеличение коэффициентов подземного стока. Это обусловлено как увеличением выпадающих осадков, так и улучшением условий их инфильтрации. Например, в Карпатах коэффициент подземного стока возрастает до 10–15 %, на Урале — до 20 %, на Алтае — до 15–20 %, на Кавказе и в горах Средней Азии — до 25–35 %. Особенно высоки коэффициенты подземного стока (до 30–40 %) в районах развития карста.

Коэффициент подземного питания рек изменяется на территории России и стран ближнего зарубежья от 5–10 % в районах с относительно небольшой мощностью зоны интенсивного водообмена, слабо расчлененным рельефом и благоприятными условиями образования поверхностного стока до 40–50 % и более в районах, сложенных водообильными породами, которые интенсивно дренируются реками. В целом же коэффициент подземного питания рек составляет 27 %.

Изучение доли подземного стока в общем речном стоке имеет большое практическое значение, так как позволяет выявить относительно устойчивую составляющую речного стока для составления водохозяйственных балансов и оценить влияние эксплуатации подземных вод на речной сток.

Более 55 % общего объема подземного стока формируется в пределах горноскладчатых областей, немногим более 40 % — на обширных равнинах и только 3–4 % приходится на районы кристаллических щитов.

Исследования распределения подземного стока по основным ландшафтно-климатическим зонам показали, что более 80 % происходит из избыточно увлажненных и влажных зон, примерно 18 % стока приходится на зону недостаточного увлажнения и лишь около 2 % – на засушливую зону.

В последние годы развернуты значительные исследования (в особенности в Институте водных проблем Российской академии наук) по изучению роли подземных вод в водном и солевом балансе крупных озер и морей. Под подземным стоком в озера, моря и океаны понимается поступление тех подземных вод, которые сформировались на суше и поступили в указанные водоемы, минуя речную сеть. При этом не следует забывать, что около трети расхода рек, впадающих в моря, также имеет подземное происхождение.

Распределение подземных вод по площади и глубине речного бассейна может быть весьма разнообразным и сложным. Реки получают грунтовое или артезианское подземное питание. Грунтовые и артезианские воды отличаются друг от друга не только по условиям их формирования, но и по взаимосвязи с поверхностными водами. Грунтовые воды обеспечивают как постоянное, так и сезонное питание рек. Эти воды являются безнапорными или имеют незначительный местный напор. Артезианское питание осуществляется напорными водами, которые выклиниваются на отдельных небольших участках речного бассейна в виде родников с большими дебитами.

Речной и подземный стоки не изменяют общее количество воды на земном шаре, а только перераспределяют её в пространстве и времени. Они являются основной составляющей располагаемых водных ресурсов, используемых населением и различными отраслями экономики.

Речной сток оказывает также существенное влияние на формирование и преобразование окружающей среды. В результате водной эрозии и аккумуляции формируется рельеф материков. Реки транспортируют воду из районов с большим увлажнением в засушливые. С водами перемещаются растворенные в них вещества и взвешенные твёрдые частицы, вследствие чего происходит перераспределение химических элементов на материках, а также между материками и океанами.

В последние десятилетия подземный и особенно речной сток испытывают всё увеличивающееся антропогенное воздействие. Заборы воды на орошение земель, промышленные и коммунально-бытовые нужды, создание и эксплуатация стокорегулирующих водохранилищ и прудов, системы переброски воды из одного речного бассейна в другой, осушение болот и заболоченных территорий, агролесотехнические мероприятия на водосборах рек существенно сказываются на речном стоке. Поэтому для определения конкретных величин речного стока используются не только данные стационарных гидрологических наблюдений, но и данные о хозяйственной деятельности на водосборе и в первую очередь данные о безвозвратном водопотреблении (включая переброски стока), изменении запасов воды в водохранилищах и прудах, испарении с их водной поверхности.

В ряде стран (например, Венгрии, Исландии) для теплоснабжения и получения электроэнергии широко используются термальные подземные воды. Россия обладает значительными потенциальными ресурсами таких вод в Дальневосточном и Сибирском регионах, но их разведанные запасы невелики и использование ограничено. К началу 2000 года в России было разведано 60 месторождений термальных вод, в том числе 5 месторождений имеют эксплуатационный ресурс 315 тыс. м³/сут. Добыча воды производилась из 28 месторождений с годовым объемом 34 млн м³. Общая мощность российских геотермальных станций и установок составляет немногим более 500 МВт.

В природе подземные воды участвуют практически во всех физико-географических процессах, происходящих в литосфере. Благодаря их перемещению происходит перенос растворенных веществ, растения получают питательные соли и влагу. Они участвуют в питании рек и озер, формируя при этом устойчивый сток. Негативное влияние подземных вод связано с активизацией оползневых процессов и водной эрозией. При определенных условиях подземные воды могут вызывать заболачивание земель.

Тема 2.5. Особенности распределения водных ресурсов

Россия и большинство стран ближнего зарубежья богаты водными ресурсами, однако и здесь существуют водные проблемы. Для водоснабжения населения, промышленности, сельского хозяйства необходимо, чтобы их потребность была удовлетворена определенным объемом воды, обладающей соответствующим качеством и подаваемой в оптимальном режиме. При нарушении хотя бы одного из этих условий возникают водные проблемы. Важнейшее значение для природы и водообеспечения населения и хозяйства имеет гидрологический режим самих водных объектов.

Водные проблемы обусловлены как природными, так и антропогенными факторами. Один из природных факторов – неравномерное распределение стока по территории: 84 % ресурсов поверхностных вод приходится на бассейны Северного Ледовитого (3 030 км³/год) и Тихого океанов (950 км³/год). В них впадают крупнейшие реки России: Енисей, Лена, Обь и Амур, которые дают 44 % объема стока всех рек России (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Основные характеристики крупных рек России

| Река | Площадь водосбора, км ² | Длина, км | Средний многолетний расход, тыс. м ³ /с | Объем стока, км ³ | | |
|----------------|------------------------------------|-----------|--|------------------------------|----------|---------|
| | | | | норма | максимум | минимум |
| Обь | 72 990 | 5 570 | 12,8 | 404 | 530 | 284 |
| Енисей | 2 580 | 5 940 | 19,9 | 630 | 777 | 528 |
| Лена | 2 490 | 4 270 | 16,8 | 532 | 642 | 424 |
| Амур | 1 855 | 4 060 | 10,9 | 344 | 554 | 209 |
| Волга | 1 380 | 3 090 | 8,04 | 254 | 391 | 161 |
| Днепр | 504 | 2 285 | 1,71 | 54 | 78 | 20,5 |
| Дон | 422 | 1 970 | 0,89 | 28,1 | 52 | 11,7 |
| Нева | 281 | 74 | 2,48 | 78,5 | 116 | 36,3 |
| Урал | 236 | 2 530 | 0,32 | 10,1 | 26 | 2,9 |
| Западная Двина | 87,9 | 1 020 | 0,64 | 20,3 | 31,7 | 11,6 |

Другой природный фактор, вызывающий возникновение водных проблем, — неравномерное распределение стока по сезонам года. На большинстве рек европейской части России, Западной и Восточной Сибири, а также Дальнего Востока свыше $\frac{2}{3}$ стока проходит за 2—3 месяца весеннего половодья. Еще более остро положение в южных районах, где на период весеннего паводка приходится свыше 90, а то и 95 % всего годового стока.

Значительны колебания речного стока в бассейнах отдельных рек и от года к году. Это особенно сильно сказывается в засушливых районах, где сток рек в маловодные годы может составлять всего 3—4 % от стока в средний по водности год и 1 % от стока в многоводный год. Иначе говоря, объем воды, проходящий по руслам этих рек в маловодные годы, в 100 раз меньше, чем в многоводные. Причем следует отметить, что как многоводные, так и маловодные годы имеют тенденцию группироваться, т. е. повторяются несколько лет подряд. И если многоводные обычно бывают в течение 2—3 лет, то маловодные нередко следуют друг за другом в течение 6—7 лет, а в отдельных случаях маловодья наблюдались на протяжении 15—20 лет.

Известно, что атмосферные осадки формируют воды почвенного горизонта, роль которых в земледелии исключительно велика. Однако особенности физико-географического положения России и стран ближнего зарубежья таковы, что в зоне земледелия выпадает менее всего осадков. Подсчитано, что на пашни приходится в среднем около 900 км³ осадков, т. е. 8 % их общего количества. Дефицит водопотребления для пашни составляет около 600 км³. Высокая изменчивость этих показателей в многолетнем разрезе и внутри года вызывает засухи. Так, в степной зоне при средних осадках около 400 мм и дефиците водопотребления, равном примерно 320 мм, каждый третий год является засушливым. В сухостепной зоне засухи наблюдаются каждый год.

По обеспеченности сельскохозяйственных культур влагой на территории России выделяются зоны избыточного, умеренного и недостаточного увлажнения. Коэффициент увлажнения, характеризующий отношение суммы осадков к испаряемости, в южных районах европейской части России и Сибири изменяется от 0,22

до 1. В зоне избыточного увлажнения осадки существенно превышают испаряемость и коэффициент увлажнения больше – 1,3.

За последние десятилетия водные проблемы существенно обострились в связи с антропогенными изменениями речного стока и бесхозяйственностью. В наиболее обжитых районах не осталось крупных рек, не нарушенных в той или иной степени хозяйственной деятельностью, причем как на водосборах, так и в руслах самих рек. Существенное влияние на сток рек и качество воды оказывают:

- 1) агротехнические и лесомелиоративные мероприятия;
- 2) урбанизация, в результате которой десятки и сотни квадратных километров поверхности земли в каждом крупном городе покрылись асфальтом;
- 3) оросительные и осушительные мелиорации, охватившие ныне площади во многие миллионы гектаров;
- 4) зарегулирование стока большим числом водохранилищ и прудов;
- 5) значительные заборы воды на ирригацию, промышленное и коммунальное водоснабжение;
- 6) сброс загрязненных вод в водоисточники.

Среди антропогенных причин существенное влияние на сток рек оказывает забор воды для передачи её по каналам в районы с острым дефицитом воды. Построенными каналами перераспределяется уже более 100 км³ воды, а это равно двухгодичному стоку такой крупной реки, как Днепр. В результате забора воды на нужды народного хозяйства годовой сток рек снизился на 17–25 %, а в маловодные годы – на 40–60 %. Водный сток рек Амударьи и Сырдарьи практически полностью разбирается на хозяйственные нужды, что вызвало катастрофическое падение уровня воды Аральского моря. В настоящее время Аральское море потеряло свое хозяйственное значение. Бедствием для природы и народного хозяйства служит вынос соли и пыли на орошаемые земли с осушенных земель дельты Амударьи и обнажившегося дна Аральского моря. Уменьшение речного стока способствовало повышению солености Азовского моря, сообщаемого с Атлантическим океаном. Соленость повысилась на 1–2 промилле, что наряду с загрязнениями отразилось на условиях обитания гидробионтов и уменьшении улова ценных видов рыб.

Тема 2.6. Обеспеченность водными ресурсами

Проблема обеспечения населения планеты водой усложняется тем, что распределение пресной воды по земному шару крайне неравномерно. В Европе и Азии, где проживает 70 % населения мира, сосредоточено лишь 39 % речных вод.

Различают две основных разновидности водообеспеченности — водообеспеченность территории и водообеспеченность населения.

Под водообеспеченностью территории понимается количество водных ресурсов, приходящихся на единицу площади рассматриваемой территории. Величина этой водообеспеченности, выражаемая в тыс. м³ на 1 км², используется в гидрологии и географии главным образом для оценки влияния физико-географических условий на формирование речного и подземного стока.

Для оценки возможностей удовлетворения потребностей в воде населения, промышленности и сельского хозяйства обычно используется величина, которая является интегральной характеристикой, определяемой по количеству водных ресурсов на одного жителя, проживающего в пределах рассматриваемой территории (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Обеспеченность населения планеты водой

| Континенты | Объем речного стока, | | Сток на душу населения, тыс. м ³ /год |
|-------------------|---------------------------|------------|--|
| | тыс. км ³ /год | % | |
| Европа | 6,2 | 15,1 | 8,6 |
| Азия | 13,2 | 32,2 | 3,8 |
| Африка | 4,0 | 9,8 | 5,5 |
| Северная Америка | 6,4 | 15,6 | 15,4 |
| Южная Америка | 9,6 | 23,4 | 29,8 |
| Австралия | 1,6 | 3,9 | 56,5 |
| Земной шар | 41,0 | 100 | 7,2 |

При расчете водообеспеченности в качестве исходных могут использоваться данные о различных видах водных ресурсов. В водохозяйственной практике наибольшее распространение получила оценка водообеспеченности по величине ежегодно возобновляемых ресурсов пресных поверхностных вод, т. е. по величине речного стока (включая его подземную составляющую) на одного жителя того или иного государства, речного бассейна или объекта административно-территориального деления.

По последним данным установлено, что средняя величина водообеспеченности населения Земли уменьшается в основном из-за увеличения численности населения планеты. Характеристика водообеспеченности в отдельных странах мира общими ($Q_{\text{общие}}$) и местными ($Q_{\text{местные}}$) водными ресурсами представлена в табл. 2.9. Из данных этой таблицы следует, что по обеспеченности водными ресурсами на одного жителя Россия занимает третье место после Канады и Бразилии.

Таблица 2.9

Водообеспеченность отдельных стран мира в среднем по водности год, тыс. м³ на одного жителя

| Страна | $Q_{\text{общие}}$ | $Q_{\text{местные}}$ | Страна | $Q_{\text{общие}}$ | $Q_{\text{местные}}$ |
|----------|--------------------|----------------------|---------|--------------------|----------------------|
| Канада | 110 | 109 | Франция | 3,6 | 3,0 |
| Бразилия | 95 | 43 | Индия | 3,1 | 1,7 |
| Россия | 30 | 29 | Польша | 1,7 | 1,5 |
| США | 10,6 | 9,3 | Украина | 1,7* | 1,0 |
| Латвия | 12,6 | 6,0 | Китай | 2,1 | 1,2 |
| Литва | 6,8 | 3,7 | Европа | 4,6 | 4,6 |

* – без учета Дуная.

Тема 2.7. Самоочищение природных вод

Одним из наиболее ценных свойств природных вод является их способность к самоочищению. Самоочищение вод — это восстановление природных свойств воды в реках, озерах и других водных объектах, происходящее естественным путем в результате протекания в них взаимосвязанных физико-химических, биохимических и других процессов (турбулентная диффузия, окисление, сорбция, адсорбция и т. д.). Способность рек и озер к самоочищению зависит от многих природных факторов, в частности, от физико-географических условий, солнечной радиации, деятельности микроорганизмов в воде, влияния водной растительности и особенно гидрометеорологического режима. Наиболее интенсивно самоочищение воды в водоемах и водотоках осуществляется в теплый период года, когда биологическая активность в водных экосистемах наибольшая. Самоочищение происходит динамичнее на реках с быстрым течением в лесостепной и степной зонах, где имеются густые заросли тростника, камыша и рогоза вдоль берегов. Полная смена всех вод в реках занимает в среднем 16 суток, в болотах и озерах — 5 и 17 лет соответственно. Разница во времени по смене вод связана с разными сроками полного водообмена в разных водных объектах.

Таким образом, самоочищение осуществляется при совокупном взаимодействии гидрометеорологических, гидродинамических, гидробиологических, а также физико-химических процессов, сопровождающих попадание в водотоки и водоемы загрязняющих веществ.

Уменьшение концентрации неорганических веществ, загрязняющих водные объекты, происходит путем нейтрализации кислот и щелочей за счет естественной буферности природных вод, образования труднорастворимых соединений, гидролиза, сорбции и осаждения. Концентрация органических веществ и их токсичность снижаются вследствие химического и биологического окисления. Эти природные способы самоочищения используются в принятых методах очистки загрязненных вод в промышленности и сельском хозяйстве.

Для поддержания в водоемах и водотоках необходимого природного качества вод большое значение имеет распространение водной растительности, которая выполняет в них роль своеобразного био-

фильтра. По данным ряда исследователей, оптимальная площадь зарастания прибрежной зоны, обеспечивающая очистку поступающих с берегов загрязненных вод, составляет 7–10 % от площади водного зеркала водоема. Эти показатели были рекомендованы для создаваемых водохранилищ умеренной зоны европейской части России и стран ближнего зарубежья.

Хорошим биологическим фильтром служит, например, тростник обыкновенный, который может расти в сильно загрязненных водах на полях фильтрации, в шлакоотстойниках и очищать их. Это связано с физиологическими особенностями такого рода растений. Длинные трубчатые побеги и толстые корневища тростника имеют большие воздушные полости, которые способствуют хорошей жизнедеятельности растения в водной среде, почти лишенной кислорода. На нижних узлах корневых побегов тростника густой мочковатой сетью располагаются дополнительные воздушно-водные корни, задерживающие загрязняющие вещества. В результате тростниковые заросли на 1 га извлекают из воды и почвы за сезон до 5–6 т различных солей, присутствующих в сточных водах. Чтобы этот биофильтр хорошо работал, необходимо ежегодно выкашивать тростник на нужной высоте без повреждения водных побегов и корней.

Аналогичны по своему очищающему действию заросли камыша и рогоза. За рубежом широкое распространение в качестве биофильтра приобрели заросли эйхорнии — водяного гиацинта. Это растение служит биостимулятором и хорошим средством для очистки загрязненных вод, в том числе от радиоактивных отходов, тяжелых металлов. У него очень большая адсорбирующая способность. Так, за одни сутки с 1 га водной поверхности зарослями гиацинта извлекается 44 кг азота, столько же калия, 34 кг натрия, 22 кг кальция, 4 кг марганца.

Высокую очищающую способность водных растений широко используют на промышленных предприятиях во многих странах мира. Для этого создают разнообразные искусственные отстойники, в которых сажают озерную и болотную растительность, хорошо очищающую загрязненные воды.

В последние годы получила распространение искусственная аэрация — один из эффективных способов очищения загрязненных

вод. Было замечено, что процесс самоочищения резко замедляется при дефиците растворенного в воде кислорода. Для насыщения воды кислородом специальные аэраторы устанавливаются в водоемах и водотоках или на станциях аэрации перед сбросом загрязненных вод.

Выводы

1. Важнейшее свойство гидросферы – это единство и взаимосвязь всех видов природных вод, которые реализуются в процессе круговорота воды в природе.
2. Реки, озёра и водохранилища являются основными поверхностными источниками водоснабжения, однако запасы водных ресурсов в них ограничены и составляют менее 1 %.
3. Дефицит воды обусловлен неравномерностью распределения водных ресурсов и населения на планете.
4. Нарушение процессов самоочищения природных вод за счет антропогенной деятельности приводит к обострению проблем, связанных с обеспечением населения качественной питьевой водой.

Контрольные вопросы

1. Перечислите компоненты, которые входят в состав гидросферы.
2. Назовите важнейшее свойство гидросферы.
3. Какие движущие силы осуществляют глобальный круговорот воды на планете?
4. Как называются запасы поверхностных и подземных вод, которые используются в процессе материального производства или могут быть вовлечены в него?
5. Перечислите основные источники водных ресурсов.
6. Какие водные объекты включены в состав поверхностных вод суши?
7. Сколько глобальных водосборных территорий включает поверхность суши нашей планеты?
8. Перечислите основные водосборные территории рек России.
9. Как формируется речной сток за счет поверхностного и подземного питания?

10. Перечислите составляющие гидрографа стока реки.
11. Какие отличительные особенности питания рек характерны для территории России?
12. Как распределяется речной сток по сезонам года?
13. Какую роль в жизни человека играют озёра?
14. Какое количество озер и какой объем составляют общие запасы озерных вод на территории России?
15. Сколько водохранилищ входит в состав Волжско-Камского каскада?
16. Какое негативное влияние на окружающую среду оказывает создание водохранилищ?
17. Какую часть территории нашей страны занимают болотные массивы и где они расположены?
18. Назовите основные районы скопления ледников на территории России.
19. Какую функцию выполняют ледники при перераспределении речного стока и атмосферных осадков?
20. В чём состоит отличие естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод?
21. Как осуществляется связь поверхностных и подземных вод?
22. Какова основная особенность распределения водных ресурсов на планете и по территории России?
23. Как хозяйственная деятельность оказывает влияние на состояние водных ресурсов?
24. Дать определение терминам «водообеспеченность территории» и «водообеспеченность населения».
25. Назовите самое ценное свойство природных вод.
26. Под действием каких процессов в водных объектах осуществляется самоочищение природных вод?
27. Что означает «естественная буферная способность» природных вод?

Модуль 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Природная вода является одним из важнейших элементов жизни и деятельности человека. В настоящее время общий объем потребляемой воды, которая используется в домашнем хозяйстве, промышленности и сельском хозяйстве, значителен и составляет 250 м³ в год на душу населения. Эта величина колеблется от 100 м³ для развивающихся стран до 2000 м³ в США. В перспективе потребность человечества в воде не перестанет расти. Это доказывает крайнюю необходимость беречь воду и очищать её для потребления, для специфических промышленных целей, а также ограничивать сброс загрязнений в окружающую среду.

Пожалуй, нет такой отрасли хозяйства, в которой не использовалась бы вода. В земледелии она определяет урожайность сельскохозяйственных культур. Без нее невозможна работа промышленности, транспорта, строительства. Она непреходящий участник всех технологических процессов. Вода — наиболее надежный и дешевый теплоноситель, ею греют, но ею же и охлаждают. Вода — источник энергии и переносчик грузов. Она незаменима в быту: без нее невозможно приготовление пищи, личная гигиена, отдых. В городах и селах вода — главный санитар, который удаляет нечистоты, очищает улицы от пыли и грязи.

Каждому уровню развития человеческого общества соответствует определенный вид использования водных объектов и соответствующие масштабы воздействия водохозяйственных мероприятий на окружающую среду. Из сказанного ясно, почему среди множества задач по рациональному природопользованию, поставленных перед человечеством стремительным развитием производительных сил, первостепенной считают проблему рационального использования водных ресурсов.

Тема 3.1. Современное состояние использования водных ресурсов

Водопотребление в РФ по данным на 2008 год составило 83 км³/год, что соответствует годовому стоку двух таких рек, как Дон и Днепр. Структура водопотребления по отраслям экономики в России отличается от ситуации, сложившейся в мире (суммарное мировое водопотребление составляет 5200 км³). В мировой практике больший объем водопотребления связан с потребностями орошения, а в России большая доля водопотребления приходится на промышленность. В промышленном секторе Российской Федерации наибольший объем воды используется для ТЭС и АЭС – 69,7 %, а, например, в машиностроении – 7,2 %, черной металлургии – 3,7 %.

В коммунально-бытовом секторе норма водопотребления варьирует в широких пределах, в зависимости от благоустройства. В сельской местности норма водопотребления колеблется в пределах 30–80 л/сут на одного человека, а в городских условиях 150–350 л/сут. Например, водопотребление в Москве составляет 380 л/сут, Санкт-Петербурге – 350 л/сут, Лондоне – 286 л/сут, Париже – 500 л/сут, Нью-Йорке – 1000 л/сут.

Суммарный объем водозабора в России из поверхностных и подземных источников не превышает 2 % общего объема водных ресурсов страны. Объем используемой воды составляет примерно 67 км³/год, в том числе 60 км³/год пресной воды (20 км³/год питьевого качества и 40 км³/год относящейся к категории «техническая»). Годовой объем воды, используемой в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, составляет примерно 134 км³.

В поверхностные водные объекты Российской Федерации отводится около 60 км³/год использованных вод, из которых 36 % загрязнены и требуют очистки. Суммарная мощность очистных сооружений в целом по России составляет 31 км³/год, что на 8,4 км³ превышает объем сточных вод, требующих очистки. Однако в целом до нормативного уровня очищается лишь около 11 % отводимых вод, нуждающихся в очистке.

В среднем по стране водообеспеченность населения составляет 29 000 м³/чел. · год и является достаточно высокой. Однако в неко-

торых регионах страны отмечается дефицит воды, причиной которого является ряд факторов:

- рост водопотребления из-за увеличения численности населения, урбанизации, индустриализации и развития сельскохозяйственного производства, в том числе орошаемого земледелия;
- неравномерность распределения водных ресурсов по территории страны;
- неравномерность распределения стока воды во времени;
- неравномерность расселения людей по территории страны (в более освоенных районах европейской части страны сосредоточено до 80 % населения и производственного потенциала, а объём водных ресурсов этой территории составляет около 8 % общероссийского);
- загрязненность воды (в связи с загрязненностью требуется специальная дорогостоящая водоподготовка).

Важнейшей проблемой водопользования в настоящее время является нерациональное и неэффективное использование водных ресурсов с высоким удельным водопотреблением в промышленности, агропромышленном комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве.

Основными проблемами водного хозяйства страны в настоящее время являются:

- высокий удельный расход воды на единицу произведенной продукции и завышенные нормативы водопотребления для городских жителей;
- неудовлетворительное качество воды в источниках водоснабжения, связанное с недостаточной очисткой канализационных вод (до нормативного качества очищается около 10 % сбрасываемых сточных вод) и значительным количеством загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты с ливневым и талым стоком с водосборов;
- ухудшение технического состояния сооружений, защищающих от вредного воздействия вод, что ведет к возрастанию ущерба от наводнений, подтопления, оползневых явлений, эрозии;
- износ основных производственных фондов водного хозяйства, который снижает безопасность их эксплуатации и ведет к возрастанию затрат на их содержание.

Основными источниками водоснабжения являются реки и подземные воды. Наибольшие объёмы речных вод в РФ используются для целей промышленности и сельского хозяйства. Реки в настоящее время сильно загрязнены, что ухудшает условия водопользования.

Общий отбор подземных вод на территории РФ составляет 12,4 км³/год, из которых 1,7 км³/год приходится на водоотлив, осуществляемый главным образом при разработке месторождений твердых полезных ископаемых. Остальные подземные воды используются для водоснабжения в количестве 10,7 км³/год.

Подземные воды характеризуются постоянством объёмов воды и её химического состава. Большая часть подземной воды, используемой для водоснабжения, отвечает требованиям питьевого водоснабжения, поэтому она главным образом используется для питьевых целей. Около 68 % городов и поселков более чем на 90 % обеспечиваются водой из подземных горизонтов. Еще 12 % имеют смешанные источники водоснабжения – поверхностные и подземные – и только 20 % городов снабжаются преимущественно поверхностными водами. Однако на долю этих 20 % городов приходится более 90 % водопотребления. Уменьшение удельного веса использования подземных вод происходит с увеличением численности населения городов.

Использование поверхностных и подземных вод имеет свои достоинства и недостатки.

1. *Подверженность загрязнению.* Поверхностные воды практически не имеют естественной защищенности от антропогенного загрязнения. В настоящее время менее 7 % всех рек – это чистые водотоки. Подземные водоносные горизонты перекрыты толщей почвенных грунтов, что обеспечивает их естественную защищенность от загрязнения, поэтому 95 % разведанных запасов подземных вод пригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

2. *Неравномерность распределения стока по годам и сезонам года.* Большая часть речного стока рек со снеговым и смешанным типом питания (до 60–80 %) приходится на относительно короткий (10–30 суток) период половодья.

3. *Возможность управления.* В настоящее время технологии позволяют управлять поверхностными водными ресурсами с помо-

щью перераспределения стока в пространстве и времени. Подземный сток неуправляем.

4. *Негативные воздействия вод.* Проблемы, связанные с затоплением и подтоплением земель, характерны для поверхностных водных объектов, это, например, разливы рек во время половодья и паводка. В России ежегодно затапливается 500 тыс. км² земель.

Тема 3.2. Виды и особенности использования водных ресурсов

Различают два основных вида использования водных ресурсов:
— использование с изъятием воды из источника (водного объекта);
— использование без изъятия воды из источника.

Использование водных ресурсов характеризуется рядом особенностей.

1. *Водные ресурсы являются незаменимыми* как в биологической жизни, так и в жизни общества. Они возобновляемы, но ограничены и уязвимы. Способность государства обеспечивать устойчивое водопользование и поддерживать на должном уровне экологическое состояние водных объектов определяет возможности и перспективы социально-экономического развития и создания достойных условий для проживания нынешнего и будущих поколений.

2. *В процессе использования водные ресурсы не только перераспределяются в пространстве и времени* (подача воды из одних бассейнов в другие, создание водохранилищ и т. д.), но и *преобразуются из одних видов ресурсов в другие*. Вода, забранная из подземных источников и использованная на хозяйственно-питьевые или производственные нужды, возвращается в поверхностные источники в виде сточных вод. В свою очередь, запасы подземных вод могут пополняться за счет специальных сооружений, а также вследствие утечек и фильтрационных потерь в коммунальном секторе и орошении.

3. *Водные ресурсы могут использоваться многократно* как в производственном цикле, так и по длине реки. В первом случае используются отработанные сточные воды (после их очистки, а в отдельных случаях — без предварительной очистки). Во втором случае сточные и коллекторно-дренажные воды оросительных систем, смешиваясь

с речными, пополняют запасы естественных водных ресурсов, обеспечивая потребности расположенных ниже по течению водопользователей. В то же время использование воды на одном участке реки в значительной мере определяет возможности дальнейшего использования водных ресурсов на других участках.

4. *Тесная взаимосвязь различных отраслей экономики при использовании водных ресурсов.* Иногда интересы отраслей совпадают, т. е. одни и те же водные ресурсы используются, например, для судоходства и в рекреационных целях. В других, более распространенных случаях интересы отраслей противоположны: требования гидроэнергетики к водному режиму, как правило, противоречат требованиям орошения; интенсивный отбор воды на производственные нужды ухудшает условия развития рыбного хозяйства, отведение сточных вод отрицательно сказывается на качестве источников питьевого и промышленного водоснабжения и т. д.

5. *Единство водных ресурсов и сооружений.* Природные водные ресурсы используются посредством возведения различных гидротехнических сооружений (водозаборы, водовыпуски, плотины водохранилищ, дамбы обвалования и т. д.). Параметры этих сооружений в значительной степени зависят от природных условий используемого водного объекта.

6. *Длительность действия.* Использование водных ресурсов для любых целей влечет за собой изменение природных условий и в течение длительного срока влияет на режим используемого водного объекта, так как основные гидротехнические сооружения (плотины, каналы и т. д.) относятся к сооружениям с очень большим сроком службы (до 100 лет).

7. *Водопользование осуществляется в условиях быстро растущих требований к охране вод и биосферы* в целом при ограниченных экономических возможностях. Сохранение водных объектов в качестве источников возобновляемых водных ресурсов в интересах оптимального состояния биосферы необходимо для социального развития общества в будущем.

8. *Постоянное удорожание водохозяйственных и водоохраных объектов.* Так как более простые, доступные и дешевые варианты водообеспечения уже реализованы, остались более трудные меро-

приятия, требующие больших материальных затрат и более тщательного технико-экономического обоснования.

9. *Зависимость планирования использования и охраны вод от прогнозирования развития экономики* и прогнозов изменения водных ресурсов под влиянием хозяйственной деятельности, а также под влиянием пока не полностью изученных глобальных метеорологических процессов.

10. *Недостаток водных ресурсов порождает конфликтные ситуации*, создающие потенциальную угрозу миру. Некоторые гидротехнические сооружения (водохранилища, накопители сточных вод, очистные сооружения) могут стать объектами международного терроризма.

Вышеперечисленные особенности требуют реализации принципа комплексности при использовании водных ресурсов на основе экосистемного бассейнового подхода, объединяющего социальное и экономическое развитие с эффективным управлением использованием и охраной вод.

Тема 3.3. Использование воды с изъятием из водного объекта

Выделяют две основные категории водопотребления:

- хозяйственно-питьевое и коммунальное – потребление воды для удовлетворения питьевых, бытовых и поливомоечных нужд;
- производственное или техническое – потребление воды для технологических нужд промышленного, энергетического и транспортного секторов, противопожарных нужд и т. д. По типам различают возвратное, или обратное, водопотребление, заключающееся в многократном использовании воды, и безвозвратное водопотребление, при котором вода используется однократно.

Водопотребление – использование водных ресурсов для удовлетворения потребностей населения, коммунально-бытового сектора, промышленности и сельского хозяйства, обязательно предполагающее забор воды из водных объектов. В узком смысле под водопотреблением понимается потребление воды из систем водоснабжения.

История организованного водопотребления насчитывает несколько тысяч лет — период существования развитых человеческих цивилизаций. Первые сооружения для централизованного водоснабжения и водопотребления населения появились около 3300 г. до нашей эры на территории современного Ирана. Позднее инженерные сети водоснабжения появились в Египте, Иерусалиме, а также в Древнем Риме, где водоснабжением было обеспечено 2 млн жителей и подавалось около 1 млн м³ воды в сутки, или примерно 500 л/сут на человека.

В России первые системы водоснабжения, построенные в XVII в. в Москве и Киеве, снабжали лишь отдельные сооружения — московский кремль и киевскую духовную семинарию. Однако уже в XX в. системы централизованного водоснабжения имелись на территории 215 крупных и больших городов России. Тем не менее эти инженерные системы не могли обеспечить полноценного водоснабжения, и объём водопотребления в большинстве городов составлял 20–50 л/сут на человека. Лишь в Москве и Санкт-Петербурге этот показатель достигал 100–150 л/сут. Величина удельного суточного водопотребления на душу населения в современном мире колеблется от 30–80 л/чел. в сельской местности до 200–600 л/чел. в городах, в 20–250 раз превосходя первичные физиологические потребности человека, составляющие ~2,5 л/сут.

В связи с многократным приростом численности населения и ростом уровня жизни благодаря техническому, экономическому и социальному прогрессу величина мирового водопотребления с начала XX века стала резко возрастать. В 1900–1950 гг. водопотребление населения планеты возросло в три раза, а с 1950 по 2000 г. — уже в семь раз. На сегодняшний день динамика роста водопотребления такова, что каждые 8–10 лет мировая потребность в воде возрастает вдвое.

Величина водопотребления населения определяется рядом факторов, в том числе численностью населения, уровнем развития и состоянием жилищно-коммунального хозяйства, культурой водопотребления, климатическими условиями расположения объекта. Величина производственного водопотребления зависит от структуры и мощности промышленного предприятия, технических особенностей и характеристик используемых технологий.

В целом водопотребление страны определяется общим уровнем её развития: в развитых странах на долю сельского хозяйства приходится до 50 % водопотребления, на долю промышленности — до 40 %, на долю коммунально-бытовых нужд — около 10 %. Однако в среднем по миру величина сельскохозяйственного водопотребления достигает 70–80 %, а в развивающихся странах и больше.

По данным на 2012 г. в России основная часть извлекаемой воды (60,2 %) используется в промышленности, 15,8 % — в сельском хозяйстве и для хозяйственно-питьевых нужд, в том числе на орошение — 13,7 %. Оставшаяся часть — 10,3 % идет на иные нужды. В 2011 г. суммарный водозабор из природных водных объектов вырос по сравнению с 2010 г. на 1,5 % и составил примерно 77,6 км³ или приблизительно 2 % водных ресурсов страны.

3.3.1. Промышленное водоснабжение

Промышленность является одним из крупнейших потребителей воды. Разные отрасли предъявляют различные требования к количеству и качеству воды. Так, на производство 1 т хлопчатобумажной ткани расходуется около 250 м³ воды, 1 т синтетического волокна — 2 500–5 000 м³. Много воды требуется химической промышленности: около 1000 м³ воды используется при производстве 1 т аммиака и 2 000 м³ — 1 т синтетического каучука. К числу водоемких потребителей относится и цветная металлургия: на 1 т никеля расходуется 4 000 м³ воды. Однако надо понимать, что на предприятиях одной и той же отрасли промышленности в зависимости от технологического уровня производства на получение 1 т продукции используется различное количество воды, например, в нефтеперерабатывающей промышленности на переработку 1 т нефти тратится от 0,1 до 50 м³ воды. Обычно расход воды на родственных предприятиях различается в 5–10 раз.

Большое влияние на объём потребляемой воды оказывают системы промышленного водоснабжения. При прямоточной системе вода из источника водоснабжения подается на предприятие, а после использования и очистки (а подчас и без нее) возвращается в водный объект (рис. 3.1). При повторной системе водоснабжения воду, использованную в одних процессах, передают для использования

в иных процессах этого же или других предприятий и затем после соответствующей очистки сбрасывают в водные объекты. Нередко две последние системы комбинируются. В системах же оборотного водоснабжения воду после технологического процесса охлаждают, очищают и затем снова направляют в производственный цикл. Для компенсации потерь система пополняется свежей водой.

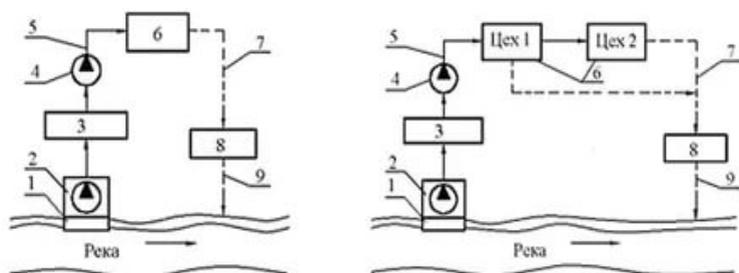


Рис. 3.1. Прямоточная и повторная системы водоснабжения:
 1 – речной водозабор; 2 – насосная станция 1-го подъема; 3 – станция водоочистки; 4 – насосная станция 2-го подъема; 5 – подающий трубопровод; 6 – промпредприятие; 7 – трубопровод отработанной воды; 8 – станция очистки сточных вод; 9 – сброс воды в реку

Безвозмездное водопотребление (разность между забором свежей воды и водоотведением) в промышленности чаще всего невелико и колеблется от 2 до 20 % в зависимости от характера производства и применяемой технологии. В редких случаях, например в нефтедобывающей промышленности, безвозмездное водопотребление достигает 50 %. Безвозмездное водопотребление складывается из объема воды, вошедшей в состав продукции, и потерь на всех этапах технологического процесса.

Вода в промышленном производстве используется как сырье, растворитель, теплоноситель, а также в качестве среды, поглощающей и транспортирующей растворенные примеси. Чаще всего вода в промышленности используется для охлаждения, например, в теплоэнергетике – 85 % общего расхода, основное количество воды на эти же цели идет и на металлургических заводах.

Несмотря на широкое внедрение оборотного и повторного водоснабжения – в среднем до 75 %, а в некоторых отраслях и больше –

промышленность ежегодно забирает из водных объектов свыше 50 км³ воды, в том числе примерно 4 км³ морской. Более 30 км³ воды промышленные предприятия ежегодно сбрасывают в водные объекты, при этом всем видам очистки (механической, биологической и физико-химической) подвергается лишь около половины, а примерно 5–7 % вод сбрасывается вообще без очистки.

В условиях развития промышленного производства большое значение приобретает широкое проведение мероприятий, направленных на совершенствование использования водных ресурсов. Важнейшее значение имеют следующие мероприятия:

- нормирование количества и качества воды, используемой в различных отраслях промышленности на единицу продукции;
- дальнейшее наращивание мощностей систем оборотно-повторного водоснабжения и замкнутых систем водопользования;
- применение в ряде отраслей промышленности очищенных сточных вод коммунального хозяйства; всемерное сокращение утечки воды;
- утилизация осадков в стоках промышленных предприятий и их обработка в целях дальнейшего использования в народном хозяйстве.

При этом надо иметь в виду, что наряду с сокращением удельного расхода свежей воды в некоторых отраслях промышленности, например нефтедобывающей и газовой, в перспективе расход увеличится, так как с каждым десятилетием усложняются условия разработки и эксплуатации скважин.

Промышленность как участник водохозяйственного комплекса относится к водопотребителям и характеризуется равномерностью потребления воды в течение года.

Объёмы водопотребления зависят от вида промышленных предприятий и технологии выработки продукции. Наиболее водоемкими отраслями являются целлюлозно-бумажная промышленность, черная и цветная металлургия, машиностроение, нефтехимическая и деревообрабатывающая промышленности. В качестве примера рассмотрим водопотребление в различных видах промышленности.

Целлюлозно-бумажная промышленность. Это одна из самых водоемких отраслей, так, в США на производство одной тонны бумаги и целлюлозы затрачивается в среднем 236 тысяч литров воды,

во Франции – 150 тыс. литров. В Канаде и на Тайване при производстве газетной бумаги требуется около 190 тыс. литров воды. В Швеции на производство одной тонны высококачественной бумаги расходуют около 1 миллиона литров воды.

Топливная промышленность. При производстве одной тонны автомобильного бензина необходимо 8 тыс. литров воды, а для высококачественного авиационного бензина потребуется 25 тыс. литров.

Текстильная промышленность. Для очистки, промывки, замачивания и отбеливания сырья, а также крашения и отделки готовых тканей и для других технологических процессов текстильного производства требуется большое количество воды. Необходимое количество воды для производства одной тонны хлопчатобумажных тканей – от 10 до 250 тыс. литров, для шерстяных – до 400 тыс. литров. При производстве одной тонны синтетических тканей затрачивается до 2 миллионов литров воды.

Металлургическая промышленность. В черной металлургии Канады на производство одной тонны чугуна используется 130 тонн воды, в США – 103 тонны, во Франции – 40 тонн, в Германии – от 8 до 12 тонн воды. Для производства одной тонны железа и стали в США требуется 86 тонн воды, 82 из которых – это оборотная вода, то есть её можно использовать повторно. При добыче 1 тонны железной руды в США расходуется 4 тонны воды, а в ЮАР для добычи 1 тонны золотой руды требуется 1 тонна воды.

Пищевая промышленность. В зависимости от видов сельскохозяйственных культур и иного сырья для пищевой промышленности, от вида получаемого продукта производства, от доступности водных ресурсов в достаточном объёме соответствующего качества необходимо различное количество воды. Вот некоторые данные водопотребления на единицу произведенной продукции в странах дальнего зарубежья: – при производстве 1 т хлеба в США расходуется 2 000–4 000 литров воды, в то время как в Европе всего 1 000 литров, а в некоторых других странах и того меньше, около 600 литров; – в Канаде при консервировании овощей и фруктов на одну тонну требуется от 10 000 до 50 000 литров воды, а в Израиле – всего лишь 1 500–4 000 литров, потому что на Ближнем Востоке вода – большой дефицит;

- лимская фасоль является лидером среди сельскохозяйственных культур по использованию воды, на одну тонну при консервировании требуется до 70 тыс. литров воды;
- во Франции для переработки одной тонны сахарной свеклы используют 11 000 литров воды, в Великобритании – 15 000 литров, а в Израиле – 1 800 литров;
- одна тонна молока при переработке требует от двух до пяти тонн воды;
- в Великобритании для производства 1 000 литров пива требуется 6000 литров воды, в Канаде – 20 тыс. литров.

Большое количество промышленных предприятий расположено в городах. Вода подается по единой системе водоснабжения, что приводит к увеличению расхода воды питьевого качества на технические нужды (до 30–40 % суточной подачи городских водопроводов).

Вода в промышленности входит в состав продукции, а также используется:

- как сырье для получения веществ;
- для транспортировки веществ;
- как среда, в которой выполняются технологические операции;
- в качестве растворителя;
- как хладагент в системах охлаждения;
- для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

Объём водопотребления в промышленности определяется по формуле

$$W = B \cdot \frac{q_n}{K_n} q_n,$$

где B – объём выпускаемой продукции; q_n – годовая норма водопотребления на единицу продукции; K_n – коэффициент полезного действия системы водоснабжения предприятия.

Норма водопотребления зависит от технологии получения продукции и ее вида. Например, для добычи одной тонны нефти расходуется 6 м³ воды, для производства тонны бумаги – 350 м³, для получения тонны синтетического волокна – 2 590 м³ воды.

Не существует ни одного технологического процесса, который обходился бы совсем без воды. Так, для выплавки одной тонны чу-

гуна и перевода его в сталь и прокат расходуется 50 150 м³ воды, для производства одной тонны меди — 500 м³, для получения одной тонны синтетического каучука и химических волокон — от 2 до 5 тыс. м³ воды. Наиболее водоёмкими отраслями являются теплоэнергетика, чёрная и цветная металлургия, машиностроение, нефтехимическая, химическая и целлюлозно-бумажная промышленность. Подавляющее число производств использует только пресную воду. Новейшим отраслям промышленности (производству полупроводников, атомной техники, полимерных материалов и др.) необходима вода особой чистоты.

Суммарный мировой расход воды на промышленные нужды увеличился более чем в 60 раз и к 2000 г. составил 1 900 км³. Важно отметить, что 120 лет назад, в 1900 г., потреблялось всего 30 км³, в 1950 г. — 190 км³, в 1970 г. — 510 км³.

В России, как и в большинстве европейских стран, самым водоёмким сектором экономики является промышленность, на долю которой приходится более половины общего объёма суммарного забора воды из природных источников. В совокупности современные промышленные предприятия и тепловые электростанции России расходуют такое количество воды, которое сопоставимо с суммарным годовым водным стоком Енисея и Лены.

Удельная величина водопотребления на производственные нужды во всех отраслях экономики РФ снизилась с 71 % в 1970 г. до 53 % в середине 1990-х гг. Однако по мере восстановления промышленного комплекса этот показатель стал расти, достигнув 60,2 % к 2012 г.

Стабилизация промышленного водопотребления связана с активным введением в эксплуатацию мощностей оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, а также общей мировой тенденцией к внедрению водосберегающих технологий. При оборотном потреблении, когда отработанная вода после очистки снова используется в производстве, расход воды резко сокращается. Например, тепловая станция при прямоточном водопотреблении расходует 1,5 км³/год, а при оборотном — 0,12 км³/год. Водопотребление в оборотных системах сокращается в 13 раз! Тем не менее использование воды в системах оборотного водоснабжения недо-

статочно: в России вода осуществляет 3–4 оборота, в то время как в США – 7–8 оборотов.

В различных секторах промышленности невозможно обойтись без воды. Большое количество воды в производственном цикле используется в системах охлаждения машин и агрегатов основных и вспомогательных процессов. Вода необходима для промывки всевозможного сырья промышленного и пищевого назначения.

Основными источниками водоснабжения предприятий служат поверхностные (водохранилище, река, озеро) и подземные воды. Для защиты водных ресурсов необходимо интенсивнее внедрять повторно-последовательное и оборотное водоснабжение.

3.3.2. Сельскохозяйственное водоснабжение

Площади сельскохозяйственных угодий России составляют 117 млн га, в том числе пашня – 85 млн га. Сельскохозяйственные культуры выращиваются на орошаемых, осушаемых и богарных землях.

Орошение является одним из основных водопотребителей среди отраслей экономики по общему и особенно по безвозвратному изъятию воды. Урожайность растений на орошаемых землях в 2–5 раз больше, чем на богарных землях. Объём воды, необходимый для орошения, зависит от оросительной нормы, площади орошения и коэффициента полезного действия оросительной системы.

Оросительная норма (объём воды, подаваемый на 1 га площади за вегетационный период для поддержания оптимального режима влажности почвы) зависит от природно-климатических условий в районе выращивания растений, вида самого растения и способа полива.

В зависимости от вида растений оросительная норма изменяется в одних и тех же природно-климатических условиях в 1,1–2,5 раза и более. Природно-климатические условия тоже приводят к кратному изменению оросительных норм (в среднем в 2–5 раз). Максимальное значение урожайности соответствует биологически оптимальной оросительной норме. Выращивание растений в богарных условиях позволяет получать урожайность за счет почвенных влагозапасов, сформировавшихся вследствие выпадения осадков и таяния снега.

Объём потребляемой воды во многом зависит от способа орошения. Так, поливные нормы при поверхностных способах полива изменяются в пределах 400–600 м³/га, а при дождевании – 100–300 м³/га. Это связано с потерями воды на испарение и фильтрацию. Коэффициенты полезного действия поливной сети для поверхностных способов полива варьируют в пределах 0,6–0,7, в то время как для орошения их значения существенно выше и составляют 0,85–0,90. При капельном орошении снижается оросительная норма за счет подачи воды локально в область распространения корневой системы растений без увлажнения междурядья (рис. 3.2). В сельском хозяйстве развитых стран интенсивно осуществляется переход на водосберегающие технологии, внедряется капельное орошение.

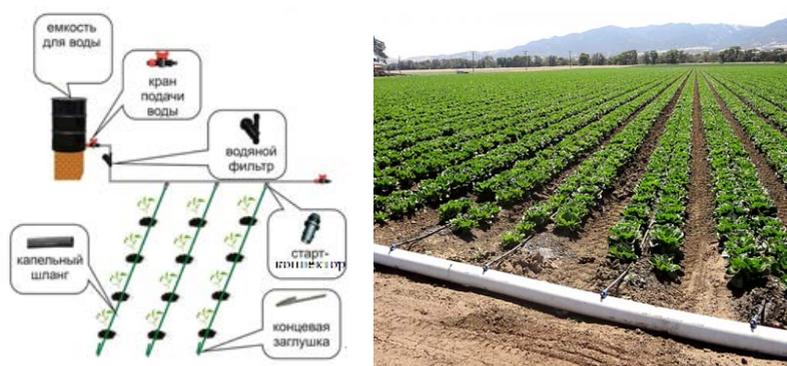


Рис. 3.2. Система капельного орошения
(Источник: <https://novosibirsk.shopboom.ru/vse-dlya-doma/nabor-kapelnogo-poliva-kaplya-25-metrov/>)

В орошении вода используется с целью:

- создания оптимального водно-воздушного режима в корнеобитаемой зоне растений;
- проведения промывок почвы от солей;
- создание запасов влаги в почве;
- оптимизации температурного и питательного режимов почв.

Суммарный водный сток с орошаемых земель состоит из естественного и ирригационного стока. Естественный водный сток бывает поверхностный и подземный. Он формируется за счет естественных осадков и разгрузкой подземных вод в районе орошаемого массива. Ирригационный сток образуется при проведении поливов

и холостого сброса воды из элементов оросительной сети. Между участком орошения и водным объектом располагается транзитная зона. Часть ирригационного стока, которая проходит транзитную зону и достигает водного объекта, называется возвратными водами. Коэффициент возвратных вод составляет 0,05–0,20.

Стоки с орошаемых земель загрязнены растворенными в воде взвешенными и органическими веществами (оцениваемыми по показателю БПК), веществами азотной группы (NH_4 , NO_3), сульфатами, хлоридами, соединениями калия, фосфора, магния и т. д. В среднем кратность превышения нормативов составляет 5–10 ПДК, причем большее значение характерно для засоленных земель, с которых стекают сильноминерализованные стоки.

В орошении применяются прямоточные, оборотные и повторные схемы водоснабжения. Водооборотные системы применяются на осушительно-оросительных системах. В этом случае дренажный сток с орошаемых или прилегающих осушаемых земель собирается в пруд-накопитель, из которого с помощью насосной станции подается на орошение. В случае если дренажного стока недостаточно, из реки подается дополнительная свежая вода при помощи насосной станции.

В повторных системах для орошения используется сточная вода, обладающая удобрительной ценностью: стоки животноводства, коммунально-бытового хозяйства и промышленности (пищевой и мясомолочной). Почва одновременно орошается и удобряется, в результате повышается урожайность сельскохозяйственных растений (в 1,5–2,5 раза за счет орошения, в 2–3 раза за счет удобрения почвы и на 10–20 % за счет внесения удобрений с поливной водой). Оросительная норма, рассчитываемая из условий увлажнения почвы, позволяет вносить в почву необходимые удобрения органические и минеральные вещества (азот, фосфор, калий, магний, марганец и др.).

Экономия воды в орошении достигается следующими путями:
— увеличением доли малотребовательных к воде культур (у которых относительно небольшая оросительная норма) в составе севооборота. В этом случае снижается средневзвешенная оросительная норма для всех культур севооборота. При этом экономия воды составляет 5–20 %;

- оптимизацией режима орошения, которая позволяет снизить оросительную норму на 5–10 %;
- переходом на дождевание и капельное орошение (экономия до 25 % воды);
- переходом на безводные технологии, связанные, например, с использованием гидрогелей, которые в виде гранул вносятся в почву, поглощают и удерживают воду (увеличиваясь в размерах в несколько раз). Накопленная ими во время дождей или таяния снега вода в течение всего вегетационного периода используется растениями;
- использованием повторных и оборотных систем, существенно снижающим потребность в свежей воде.

В районах активного земледелия сельское хозяйство (и орошение в том числе) оказывает существенное влияние на окружающую среду. Изменяются условия формирования стока на водосборной площади водных объектов. Суммарное испарение на сельскохозяйственных угодьях превышает испарение с естественных лугов. Изменяются величины поверхностного и подземного стока с водосборной площади. Всё это приводит к изменению водного баланса на территории водосборного бассейна и объёмов речного стока.

С семидесятых годов прошлого века значительно изменилась величина водопотребления на нужды орошения и обводнения в России. В начале 1970-х годов доля использования воды на эти нужды составляла 15 % суммарного водопотребления по стране. В начале 80-х годов водопотребление увеличилось и составило 23 %. В дальнейшем, с внедрением водосберегающих технологий, а позднее – из-за резкого снижения площади поливаемых (с 4,8 до 2,5 млн га) и орошаемых (с 6,2 до 4,3 млн га) земель – этот показатель снизился и составил 13,2 % к 2012 г.

Годовое потребление воды в сельской местности весьма значительное. Для сельскохозяйственного водоснабжения в основном используются подземные воды. Основными потребителями воды являются сельские населенные пункты, предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции, а также производственные зоны по обслуживанию техники.

Характерная особенность водоснабжения сельских населенных пунктов — большая внутрисуточная неравномерность, значительные объёмы безвозвратного водопотребления из-за слабого развития канализации и относительно невысокое удельное водопотребление на душу населения — 30–100 л/сут. В целом только 33 % сельских населенных пунктов имеют централизованное водоснабжение. По сравнению с коммунально-бытовым водоснабжением городов состояние водозаборных сооружений в сельской местности находится на более низком техническом уровне.

Значительное количество воды в сельской местности использует животноводство. Нормы потребления воды животными колеблются от 2 л/сут (ягненок) до 200 л/сут (корова). Вода, забираемая на нужды животноводства, должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к воде, используемой для хозяйственно-питьевых целей. Поение скота загрязненной водой снижает продуктивность животных на 40–70 %. В южных районах страны животноводство не может развиваться без обводнения обширных пастбищ, которые, как правило, имеют очень ограниченные водные ресурсы.

Животноводство в составе водохозяйственного комплекса выступает в роли водопотребителя. Наряду с коммунально-бытовым хозяйством и промышленностью животноводство характеризуется относительно равномерным потреблением воды в течение года. Объём водопотребления определяется поголовьем домашнего скота или птицы, нормой водопотребления одной единицей численности в сутки, продолжительностью расчетного периода времени и коэффициентом полезного действия водопроводной сети.

Для улучшения сельскохозяйственного водоснабжения требуется:

- внедрение централизованных систем водоснабжения и водоотведения с биологической очисткой вод;
- увеличение оборотного и повторного применения вод;
- тщательная очистка стоков и использование их для полива сельскохозяйственных культур;
- совершенствование водозаборов из поверхностных источников;
- опреснение минерализованных вод;
- использование солнечной энергии и энергии ветра для подъема воды.

Повышение благоустройства сельских населенных пунктов и рост объёма сельскохозяйственной продукции неизбежно приведут к росту сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения в ближайшей перспективе.

3.3.3. Коммунально-бытовое водоснабжение

Доля коммунально-бытового водоснабжения в общем объёме потребляемой воды как в целом в мире, так и в России относительно невелика, но для жизни общества имеет решающее значение. Отсутствие чистой питьевой воды — одна из главных причин тяжелых инфекционных болезней. Свыше половины населения мира пользуется водой, не отвечающей санитарно-гигиеническим требованиям. Это побудило ООН объявить 80-е годы Международным десятилетием питьевого водоснабжения и санитарии.

Хозяйственно-питьевое водопотребление подразумевает потребление воды на приготовление пищи, мытьё посуды, на питьевые нужды, в гигиенических целях, на стирку и влажную уборку. Основная трата воды в быту приходится на работу туалета (35 %) и процедуры личной гигиены (32 %). На стирку уходит 12 % воды, на мытьё посуды — 10 %, на питьё и приготовление пищи — 3 %, а на прочие расходы, включая уход за домашними животными и полив цветов, — 8 %.

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) установлена норма расхода воды — 450 л/сут на душу населения. Однако среднесуточное водопотребление в странах Евросоюза, благодаря высокому уровню бытовой культуры населения и высокой стоимости услуг водоснабжения, значительно ниже этой нормы. Так, в Великобритании норма расхода воды составляет 140 л/сут на человека, в Германии — 130 л/сут, в США — около 200 л/сут.

Анализ статистических данных в Европе свидетельствует о том, что в конце первого десятилетия XXI века максимальная величина водопотребления из централизованных сетей водоснабжения в странах Евросоюза менялась по странам от 76 до 31 м³/чел. в год. Этот расчёт осуществлен исходя из общей численности населения конкретных стран. При оценках на основе подсчета городского населения приведённые цифры будут более высокими.

В России объём коммунального водопотребления за последние два десятилетия неуклонно снижался. В 2012 г. в целом по всей стране объём водопотребления составлял 47–49 м³/год, или 129–134 л/сут на одного человека, а по городам – 64–66 м³/год, или 175–181 л/сут на одного горожанина.

На 2012 г. население России было обеспечено централизованным водоснабжением примерно на 68 %, остальные 32 % пользуются нецентрализованным водоснабжением или привозной водой. Водопотребление из централизованных систем водоснабжения, имеет тенденцию к ежегодному снижению на 4–6 %.

Доля подземных вод в общероссийском балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет приблизительно 45 %, что намного ниже, чем в большинстве европейских стран, хотя подземные воды вследствие лучшей защищённости подземных источников от загрязнения можно с большей эффективностью использовать для коммунального водоснабжения. Более 60 % российских городов и посёлков городского типа удовлетворяют потребности в питьевой воде, используя подземные воды, около 20 % из них имеют смешанные источники водоснабжения. В сельской местности доля подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении достигает 80 %.

В коммунально-бытовом хозяйстве преимущественно используется прямоточная система водоснабжения (рис. 3.3), и только в отоплении жилых помещений задействована оборотная система.

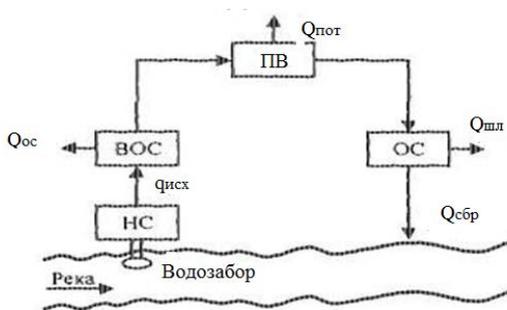


Рис. 3.3. Схема системы водоснабжения и канализации в коммунально-бытовом хозяйстве: НС – насосная станция; ВОС – входная очистная станция; ПВ – потребитель воды; ОС – очистная станция; $q_{исх}$ – исходная вода; $Q_{ос}$ – осадок; $Q_{пот}$ – потребляемая вода; $Q_{шл}$ – шлаковая вода; $Q_{сбр}$ – сброс сточных вод

Коммунально-бытовое водоснабжение призвано удовлетворять все потребности населения в воде, поэтому к ее качеству предъявляются очень высокие требования – как к физическим свойствам, так и к химическим и бактериологическим показателям. Для приведения качества воды в соответствие с санитарно-гигиеническими нормативами ее фильтруют, коагулируют, с целью дезинфекции хлорируют или обрабатывают озоном, для улучшения вкусовых качеств обогащают аммиаком.

Дальнейшее совершенствование водопользования в коммунальном хозяйстве требует проведения ряда мероприятий, среди которых следует назвать:

- обеспечение централизованным водоснабжением в ближайшие годы всего городского населения (в настоящее время централизованным водоснабжением обеспечены 98 % городов и 86 % поселков городского типа);
- всемерную экономию и снижение потерь питьевой воды;
- стабилизацию удельного водопотребления;
- разработку и внедрение усовершенствованных систем подачи и распределения воды;
- существенное повышение уровня механизации и автоматизации технологических процессов водопользования.

Тема 3.4. Использование воды без её изъятия из источника

3.4.1. Энергетика

Производство электроэнергии в большинстве стран мира каждые 7–10 лет удваивается. Свыше 80 % электроэнергии во всём мире вырабатывается тепловыми электростанциями (ТЭС) – наиболее крупными промышленными потребителями воды. Для их работы требуется воды в среднем 35–40 м³/с на 1 млн кВт установленной мощности.

Единая энергетическая система (ЕЭС) России состоит из семи объединенных энергосистем (ОЭС): ОЭС Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга, Сибири и ОЭС Востока, – а также территориально изолированных энергосистем (Чукотский автоном-

ный округ, Камчатский край, Сахалинская и Магаданская область, Норильско-Таймырский и Николаевский энергорайоны, энергосистемы северной части Республики Саха). Общая выработка электроэнергии по ЕЭС России на 2018 г. составляет 1055,6 млрд кВт · ч.

Крупные тепловые электростанции обычно размещают на берегах больших рек, водохранилищ, озер или же для их работы создают специальные довольно значительные водохранилища, что требует больших капиталовложений.

Общий объём воды, потребляемой тепловыми электростанциями России, превышает 100 км³. Системы охлаждения прямотоком характерны для конденсационных электростанций, а для ТЭЦ, как правило, применяются оборотные системы. Около 95 % сточных вод тепловых электростанций – это подогретая вода после охлаждения агрегатов.

Небольшая часть потребности ТЭЦ в воде (около 8 км³) покрывается за счет морской воды. На морской воде работают станции на побережьях Балтийского и Каспийского морей, Тихого океана.

Воздействие электростанций на гидрологический и биологический режимы водоемов многообразно и обусловлено травмированием организмов при прохождении ими агрегатов станций вместе с охлаждающей водой, поступлением со сбрасываемой водой добавочного тепла, повышающего температуру водоемов, и внесением загрязнений со сбросными водами.

При сбрасывании подогретых вод повышается температура воды в водоемах и водотоках, что отражается на фауне и флоре. Повышение ее до 20–25 °С сказывается положительно, стимулируя рост и размножение организмов, а до 26–30 °С и более – подавляет развитие основных групп гидробионтов. Происходит нарушение кислородного режима, вода загрязняется нефтепродуктами, солями тяжелых металлов, кислотами и щелочами, а через атмосферные выбросы – золой, оксидами серы, азота и т. д. Вместе с тем, если тепловые сбросы поступают в придонные слои, тепловой режим водоема и циркуляция водных масс в некоторых случаях могут быть улучшены. Положительно следует оценивать и отсутствие ледового покрова зимой или более короткий период его существования, поскольку это улучшает кислородный режим водоема.

Снижению отрицательного воздействия тепловых электростанций на водоемы способствует:

- максимальное ограничение прямоточных систем водоснабжения на перспективных объектах теплоэнергетики;
- применение оборотных систем технологического водоснабжения и более совершенных градирен;
- химическая обработка добавочной воды оборотных систем технического водоснабжения;
- повторное использование замасленных и мазутных вод после предварительной очистки.

Важнейшей составной частью топливно-энергетического и водного хозяйства является гидроэнергетика.

Экономический гидроэнергетический потенциал рек России оценивается в 1000 млрд кВт · ч. Он использован на 20 % гидроэлектростанциями (ГЭС), которые вырабатывают около 210 млрд кВт · ч электроэнергии. Гидроэнергетический потенциал используется в Поволжье (рис. 3.4) и на Урале на 60–80 %, в Донецко-Приднепровском районе – полностью, в Сибири и на Дальнем Востоке – от 3–5 до 20 %.



Рис. 3.4. Жигулевская плотина: гидроэлектростанции и водосливная

Ежегодная экономия условного топлива за счет работы ГЭС составляет в целом по России 60–70 млн т. Основная функция гидроэлектростанций в современных энергосистемах – регулирование степени равномерности суточной нагрузки энергосистем. Разница между максимальной и минимальной нагрузками суточного графика во всех энергосистемах составляет 10–20 млн кВт. Покрытие

пиков графиков нагрузки тепловыми электростанциями не всегда возможно и целесообразно по техническим и экономическим причинам. Частое чередование глубокой разгрузки и полной нагрузки тепловых агрегатов сокращает срок службы оборудования, увеличивает частоту и объём ремонтных работ, повышает аварийность, существенно увеличивает удельный расход топлива на производство электроэнергии. Агрегаты же гидроэлектростанций быстро (в течение 1 мин) и легко воспринимают нагрузку энергосистем.

На большинстве гидроэнергетических водохранилищ осуществляется недельное регулирование водного стока и только на крупных — сезонное и многолетнее. При отсутствии регулирующих водохранилищ гидроэлектростанции вырабатывали бы электроэнергию не в соответствии с требованиями энергетических систем, а в зависимости от водности реки в тот или иной период. Поскольку расход воды в реках в разное время года меняется в десятки и сотни раз, гидроэлектростанции без регулирующих водохранилищ также изменяли бы свою мощность и выработку энергии. Вот почему при использовании гидроэнергоресурсов без регулирующих водохранилищ чрезвычайно трудно установить мощность станции. Если бы она рассчитывалась в соответствии с максимальным расходом, то большую часть года многие агрегаты простаивали бы из-за недостатка воды. Так, для гидроэлектростанций, не имеющих регулирующих водохранилищ, характерен низкий коэффициент использования водного стока — нередко не выше 0,1–0,2.

Помимо природных предпосылок, вызывающих необходимость создания водохранилищ для гидроэлектростанций, имеются технические и экономические факторы. Среди них неравномерное потребление электроэнергии в течение суток, недели, года и несовпадение во времени бытовых расходов речной воды с графиком нагрузки энергосистемы.

Таким образом, регулирование стока водохранилищами позволяет развить установленную и увеличить гарантированную мощность ГЭС, повысить общую выработку энергии и степень энергетического использования стока.

Гидроэлектростанции с водохранилищами выполняют также функции аварийного резерва в энергосистемах, роль которого не-

прерывно возрастает с увеличением единичной мощности агрегатов тепловых станций и непрерывным развитием мощных линий электропередачи. Насколько значителен энергетический резерв ГЭС, видно хотя бы из того, что запас воды, содержащейся в водохранилищах Волжско-Камского каскада, эквивалентен 14,4 млрд кВт · ч электроэнергии.

Из сказанного следует, что наличие в энергосистемах гидростанций с водохранилищами создает условия для работы тепловых электростанций в оптимальных для них режимах, что дает большой хозяйственный эффект.

Многолетнее регулирование стока водохранилищами энергетического назначения играет особую роль в тех энергосистемах, в которых преобладают гидроэлектростанции. Создание регулирующих водохранилищ повышает гарантированную мощность и выработку не только собственной станции, но и ГЭС, расположенных ниже по течению.

В некоторых случаях ниже плотины гидроэлектростанций создают специальное контррегулирующее водохранилище для перерегулирования расходов по иному, неэнергетическому графику в интересах разных отраслей хозяйства. Наличие в энергосистемах гидроэлектростанций с регулирующими водохранилищами повышает надежность этих энергосистем в эксплуатации и делает их менее подверженными авариям. В случае же таковых энергосистем, где имеются гидроэлектростанции, могут восстановить энергоснабжение быстрее, чем системы, располагающие только тепловыми электростанциями. Естественно, чем выше регулирующая способность водохранилищ гидроэлектростанций, тем больше их значение в энергосистемах.

В связи с ростом пиков графиков нагрузки гидроэлектростанции не всюду справляются с их покрытием. Поэтому в последние десятилетия все шире разворачивается строительство гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), которые также предъявляют особые требования к водным ресурсам.

Основные элементы ГАЭС:

- два бассейна-водохранилища — верховой и низовой, расположенные на разных уровнях, обычно в пределах от нескольких десятков до 200 м;

- здание гидроэлектростанции с обратными агрегатами, работающими попеременно в насосном и турбинном режимах;
- трубопроводы, соединяющие оба бассейна со зданием гидроэлектростанции.

В период ночных провалов нагрузок в энергетической системе энергия тепловых и атомных электростанций используется агрегатами, работающими в насосном режиме, для подкачки воды из низового бассейна в верховой. В период пиковых нагрузок вода из верхового бассейна сбрасывается в низовой бассейн и ГАЭС питает энергосистему.

На большинстве эксплуатируемых гидроаккумулирующих станций низовые и верховые бассейны созданы специально: низовой – путем строительства небольшой плотины в русле реки, верховой – посредством выемки и обвалования бассейна, как правило, по всему его периметру. По мере роста числа ГАЭС и увеличения их установленной мощности (до 2 млн кВт) в качестве низового бассейна используются естественные озёра и водохранилища.

Одна из проблем, возникающих при эксплуатации ГАЭС, – их влияние на низовой бассейн. Забор в течение суток десятков миллионов кубических метров воды в верховой бассейн и сброс этой воды в низовой бассейн оказывают существенное воздействие на режим уровней, течения, а следовательно, на все гидрологические процессы в водоеме. Значительная ежесуточная амплитуда колебаний уровня воды в водоемах активизирует процессы переработки берегов, влияет на условия нереста и нагула рыбы, внутриводоемную растительность, качество воды, состояние и условия использования пляжей. Естественно, чем крупнее водохранилище и озеро, тем меньше меняются природные условия при использовании его в качестве низового бассейна ГАЭС.

3.4.2. Водный транспорт

Протяженность внутренних водных путей в России и странах ближнего зарубежья составляет 123 тыс. км, в том числе с обстановкой пути – 118 тыс. км. Длина искусственных водных путей, пролегающих по водохранилищам, каналам, шлюзованным и зарегулированным рекам, превышает 21 тыс. км.

В грузообороте всех типов транспорта на речной приходится немногим более 4 %. В 1986 г. было перевезено 649 млн т грузов, грузооборот достиг 256 млрд т · км. Стоимость перевозок грузов речным транспортом на $\frac{1}{3}$ ниже, чем по железной дороге, и в 3–15 раз меньше, чем автотранспортом.

Несмотря на незначительный удельный вес в общем грузообороте, водный транспорт занимает существенное место в народном хозяйстве. В районах европейского Севера, Северо-Западном, Поволжском, Волго-Вятском, Восточно-Сибирском доля перевозки грузов речным транспортом составляет 20–40 % от общего объема перевозок. Все эти районы Северным морским путем связаны с портами европейской части России и рядом зарубежных стран.

Относительно небольшая доля речного транспорта в общем грузообороте многих стран, в том числе России, объясняется:

- сезонностью его работы;
- несовпадением в некоторых районах начертания сети внутренних водных путей с основным направлением грузопотоков;
- изолированностью речных бассейнов;
- малыми глубинами на незарегулированных участках;
- ступенчатостью глубин в пределах одного и того же бассейна;
- наличием перекатов и порожистых участков с большой скоростью течения;
- неустойчивостью судовых фарватеров и другими причинами.

Устранить многие из перечисленных недостатков внутренних водных путей можно лишь путем строительства гидроузлов, каналов и создания водохранилищ.

Улучшением водных путей на территории России и стран ближнего зарубежья начали заниматься давно: в 1708 г. вступила в строй Вышневолоцкая водная система, в 1810 г. – Мариинская, в 1811 г. – Тихвинская. Ряд водных путей был создан за годы Советской власти: Беломорско-Балтийский канал (1933), канал им. Москвы (1937), Волго-Донской судоходный канал (1952), коренным образом реконструирован Волго-Балтийский водный путь (1964). Особенно сильно преобразило водные пути строительство гидроузлов и создание водохранилищ на Волге (рис. 3.5), Днепре, Дону, Оби, Енисее и других судоходных реках.



Рис. 3.5. Судоходство на Волгоградском водохранилище

Для речного транспорта желательнее начинать строительство гидроузлов на тех участках реки, где имеются пороги, мешающие судоходству, или в верховьях рек. В этих случаях благодаря водохранилищам увеличиваются судоходные глубины на наиболее мелководных участках рек за счет создания подпора и специальных навигационных попусков в нижние бьефы.

Нередко на глубоководных приплотинных и средних участках водохранилищ судовой ход прокладывают не по бытовому руслу реки, а практически по любой трассе. В результате длина судового хода по водохранилищам по сравнению с длиной хода по реке сокращается в среднем на 5–15 %.

Увеличение ширины и радиуса закругления судового хода позволяет повысить скорость движения судов на 10–15 %. Гидроузлы и водохранилища служат эффективным, а иногда и единственным средством улучшения сети водных путей, так как только благодаря водохранилищам стало возможным строительство многих судоходных каналов. В частности, примером может служить Волго-Балтийский водный путь.

Создание гидроузлов и водохранилищ, регулирование ими стока имеет и неблагоприятные последствия для водного транспорта. Часть таких последствий носит временный характер и исчезает по мере создания новых гидроузлов и водохранилищ, часть же остается навсегда: усиление ветровой волны, потеря времени на шлюзование (в среднем не менее 30 мин). Самые существенные осложнения работы судов связаны с усилением ветра и увеличением волны.

Длительность ледостава на водохранилищах несколько больше, чем на незарегулированных участках, но на продолжительность навигации это не оказывает влияния. Наоборот, с созданием водохранилищ в некоторых районах появилась реальная возможность существенного продления навигации с использованием ледоколов (на водохранилищах Волги и Камы в среднем на 15 суток).

Серьезные осложнения в работу речного флота вносят резкие и значительные суточные и недельные колебания, вызываемые регулированием расходов и уровней воды в нижних бьефах ГЭС и приводящие к недогрузу судов или нарушению графиков движения, поскольку суда подолгу простаивают в ожидании нормируемых глубин. Отрицательное влияние суточных и недельных колебаний расходов воды проявляется также в резком переформировании перекатов и быстрой заносимости судовых прорезей.

Несмотря на указанные отрицательные последствия гидростроительства, преобразование рек в водохранилища в конечном счете определило развитие речного транспорта за последние десятилетия и будет иметь значение для него и в будущем. Это наглядно видно на примере Волги и Камы. Гарантированные глубины на судоходных участках здесь возросли в 1,5–2,5 раза, судоходным стал участок Волги от Рыбинска до Твери протяженностью 384 км.

Обеспечение на судоходном пути достаточных и относительно единообразных глубин позволило перейти на Волге, Днепре и других реках к эксплуатации самоходных грузовых судов грузоподъемностью 2–5 тыс. т и более вместо использовавшихся ранее барж грузоподъемностью 0,6–1 тыс. т.

С внедрением теплоходов на подводных крыльях ликвидируется один из наиболее существенных недостатков речного пассажирского транспорта – тихоходность. В перспективе скорость движения этих судов повысится до 140–150 км/ч.

Одно из важнейших экономико-географических последствий преобразования режима рек в водохранилища – возможность доставки грузов из внутренних районов в ближайшие морские порты без перевалки их в устьях рек на морские суда. Грузы речными судами перевозятся в ряд портов Балтийского моря (Ригу, Клайпеду, Калининград), во все порты Каспия, порты внутренней части Бе-

лого моря (Кандалакшу, Архангельск и др.), а также в Польшу, ФРГ и Финляндию. Отдельные суда с лесоматериалом совершают рейсы в Данию и Грецию.

Превращение рек в каскады водохранилищ и зарегулирование их стока существенным образом изменило и условия лесосплава, играющего в России значительную роль в перевозках леса. Зарегулирование стока привело к ликвидации молевого сплава, при котором отмечаются большие потери древесины и загрязнение рек, и создало возможности для перехода на транспортировку леса в кошелях, сигарах, плотках и на грузовых судах, а также для эксплуатации новых лесных районов благодаря образованию водных путей по рекам, ранее непригодным для лесосплава.

Строительство гидроузлов и образование водохранилищ — существенный вклад в создание единой глубоководной системы внутренних водных путей европейской части России.

3.4.3. Рекреация

Организация отдыха населения становится всё более актуальной задачей во многих странах мира. И здесь особая роль принадлежит водоемам. Возможность заниматься разнообразными видами отдыха и спорта (плавание, гребля, катание на яхтах, катерах, водных лыжах, рыбная ловля, подводная охота и т. п.), благоприятные температура и влажность воздуха вблизи воды, эстетическое воздействие живописных ландшафтов, смена впечатлений — всё это, действуя в комплексе, справедливо позволяет считать водоемы природными лечебницами.

В России моря, озёра, водохранилища, крупные и средние реки имеют важное рекреационное значение. На их берегах расположено около 55 % санаториев, 80 % пансионатов и домов отдыха, 60 % туристских баз и более 90 % учреждений пригородного отдыха.

Одним из существенных рекреационных ресурсов являются моря, омывающие территорию России: Балтийское, Черное, Азовское, Каспийское. Общая протяженность береговой линии этих морей составляет 10,9 тыс. км, однако для рекреации пригодна лишь небольшая доля береговой линии с благоприятным сочетанием различных природных факторов (наличие хороших пляжей,

комфортных температурных условий, мягкого климата, источников пресных и минеральных вод и т. д.). Ежегодно здесь отдыхают около 15 млн человек.

Реки, озёра и моря широко используются для целей отдыха, но не могут полностью удовлетворить постоянно возрастающий спрос. Поэтому сейчас рекреационное использование водохранилищ представляет особенно большой интерес. На их берегах в России проживает около 30 млн человек городского населения, и примерно 50 млн горожан живут в пределах двухчасовой доступности водохранилищ.

Во многих районах, особенно бедных естественными водоемами, водохранилища повышают рекреационную ценность и емкость ландшафтов, а в некоторых случаях служат ядром их создания. Примером рекреационного использования водохранилищ может служить Иваньковское водохранилище. Небольшие водохранилища нерекреационного назначения сооружают и на городских территориях.

Спрос на рекреацию на озерах, реках и водохранилищах за последние годы увеличивается в индустриально развитых странах на 10–15 % в год.

Длина береговой линии водохранилищ в ряде стран мира, в том числе в России, существенно превышает длину береговой линии морей. Нередко создание водохранилищ вызывает и отрицательные последствия для рекреационного использования территории:

- затопление и подтопление объектов, представляющих большую ценность для организации отдыха населения (минеральных источников, санаториев, домов отдыха, памятников архитектуры и др.);
- ухудшение условий отдыха на участках рек в нижних бьефах гидрозловов из-за суточных и недельных колебаний уровня воды и снижения температуры воды иногда ниже 17 °С (в этом случае массовое купание исключается);
- ухудшение качества воды из-за массового развития сине-зеленых водорослей;
- интенсивная переработка берегов;
- отсутствие на значительных участках берега пляжей и зеленых насаждений;
- отступление уреза воды при сработке водохранилищ на десятки и даже сотни метров.

При оценке рекреационного потенциала водных объектов нельзя ориентироваться только на акваторию или территорию береговой зоны, как это нередко делается, а должны учитываться в совокупности все факторы и условия акваториально-территориального рекреационного комплекса. Рекреационная деятельность при ее неконтролируемом развитии может оказывать как массирующее, так и залповое неблагоприятное воздействие на природную среду. В связи с этим следует отметить, что рекреация на водоемах — довольно емкое понятие, которое объединяет в себе многие виды отдыха, различающиеся между собой сезонами пиковых нагрузок, интенсивностью использования элементов природных комплексов, путями и характером загрязнений, поступающих в водоемы.

Оптимизация рекреационного водопользования является сложной проблемой. Целевая установка ее — максимум эффективности рекреационного использования водных объектов с минимальным отрицательным воздействием на качество воды и состояние экосистем при равных единовременных и эксплуатационных затратах. Ее решение невозможно без разработки научных основ определения допустимых рекреационных нагрузок. Эти нормы значительно изменяются по отдельным странам и районам даже одной страны в зависимости от параметров водных объектов, интенсивности их использования отдыхающими и других факторов. В соответствии с различными нормами требуется:

- от 0,4 до 2 га водной поверхности на одну весельную лодку;
- от 1,2 до 8 га на моторную и парусную лодки;
- от 4 до 16 га на водные лыжи;
- от 4 до 23 м² водной поверхности на одного купающегося и от 20 до 46 м² пляжа;
- около 300 м² на одного человека, отдыхающего на прибрежной территории.

В районах, ощущающих острый недостаток во внутренних водоемах, эти нормы несколько ниже. Желательные параметры водоемов изменяются в зависимости от видов рекреационных занятий в довольно больших пределах: площадь — от 5 га для купания до 300–900 га для парусного спорта, длина — от 50 м для купания до 15 км для водно-моторного спорта и т. п.

3.4.4. Рыбное хозяйство

В пищевом рационе человека рыба занимает важное место. Она содержит белка примерно столько же, сколько говядина или свинина. Кроме того, в рыбе имеются вещества, которых сравнительно мало в мясных продуктах, например соли фосфора. По нормам, установленным Институтом питания Российской академии медицинских наук, для правильного функционального развития организма человеку необходимо 19 кг рыбопродуктов в год. Естественно, что как нормы, так и само потребление рыбопродуктов в разных странах существенно различаются и зависят от климата, традиций, привычных видов пищи и прочих условий.

Внутренние моря, озёра, реки и водохранилища России богаты рыбными ресурсами. В них обитают более 1000 видов рыб, из которых около 250 служат объектами рыболовства. Жизнь наиболее ценных для промысла проходных и полупроходных рыб теснейшим образом связана с реками.

Время пребывания в реке от момента входа в устье для прохода к местам нереста и до ската молоди в море составляет для некоторых видов этих рыб 15–20 месяцев. Проходные осетровые и лососевые рыбы поднимаются на десятки и даже тысячи километров вверх по течению рек. К осетровым рыбам относятся осетр, белуга, севрюга, калуга, шип. К лососевым рыбам относятся семга, кета, горбуша, чавыча, балтийский лосось и кижуч.

Частиковые (полупроходные) рыбы нерестятся обычно в дельтах рек. К ним относятся вобла, тарань, судак, сазан, лещ, жерех, рыбец.

Рыб, ведущих оседлый образ жизни, называют туводными (жильми). К ним относятся окунь, щука, лещ, карась, линь и др.

Среди рыб, обитающих в пресных водах, различают реофильных — живущих в проточной воде рек, и лимнофильных, живущих в воде озёр и водохранилищ.

Во второй половине XX века общий улов рыбы составил 10,5 млн т, в том числе в рыболовной зоне России — 4,6 млн т, в двухсотмильной прибрежной зоне зарубежных государств — 3,2 млн т, в открытой части океана — 1,6 млн т и во внутренних водоемах России — 1,1 млн т.

В последние годы резко изменились условия промысла и воспроизводства рыб. Водный сток Волги, Дона, Куры, Кубани, Днепра и ряда других рек, имевших большое рыбохозяйственное значение, зарегулирован. Отрезаны нерестилища ценных видов проходных рыб, иными стали условия обводнения нерестилищ сельдевых. Рыба гибнет в турбинах ГЭС и водозаборах ирригационных сооружений. Продолжается крупномасштабное химическое и биологическое загрязнение водоемов. Всё это привело к разрушению или значительному нарушению некоторых водных экосистем, а следовательно, к ухудшению естественного воспроизводства рыбных запасов и резкому сокращению численности многих ценных видов промысловых рыб. Так, Аральское море потеряло рыбохозяйственное значение. Общий улов в Азовском море снизился примерно вдвое, а наиболее ценных видов (судак, лещ, тарань, сельдь и осетр) — почти в 15 раз.

Самым значимым рыбохозяйственным водоемом России считается Каспийское море. На него приходится половина уловов из внутренних водоемов, а осетровых — около 90 %. За последние 40 лет уловы здесь резко сократились и качество рыбы ухудшилось. Так, если в 1948 г. преобладали частичковые, сельди и другие ценные виды рыб, то сегодня их доля снизилась до 20 %, а удельный вес кильки вырос до 80 % от общего улова.

Помимо внутренних морей рыбохозяйственное значение имеют многие озёра, в первую очередь Байкал, Ладожское, Онежское, Чудско-Псковское и др., а также водохранилища и реки общей протяженностью 410 тыс. км. В среднем с 1 га озер вылавливают около 5 кг рыбы в год, с водохранилищ — примерно 10 кг. Во многих озерах и водохранилищах качественный состав уловов ухудшился в связи с антропогенным воздействием.

Существенную роль в обеспечении населения России и стран ближнего зарубежья рыбой имеет прудовой фонд. Общая площадь прудов составляет около 200 тыс. га, объём водопотребления для них — 9,5 км³. Средняя рыбопродуктивность здесь 10 ц/га, а ежегодное производство рыбы — около 180 тыс. т. Результаты научных исследований и опыт передовых хозяйств показывают, что общую рыбопродуктивность прудов можно увеличить до 20–30 ц/га, а в южной зоне — до 50 ц/га и более.

В обозримом будущем предполагается обеспечить более быстрый рост добычи рыбы во внутренних водоемах и увеличить их относительную долю в общих уловах с 8 до 12 %. Для этого намечается наращивать объём рыбоводства, а в прибрежных районах — создать широкую сеть марикультурных хозяйств.

В последнее время начало интенсивно развиваться индустриальное рыбоводство, основанное на выращивании рыб в садках, бассейнах, промышленных установках (акватронах) за счет искусственного кормления и в ряде случаев на замкнутых циклах водоснабжения. Товарное рыбоводство по технологии вплотную приближается к сельскохозяйственному производству. Оно позволит создать устойчивую сырьевую базу рыбохозяйственного производства, управлять количеством и качеством рыбной продукции с помощью новейших биотехнических, инженерных и организационных решений. В садках и бассейнах выращивают форель, некоторые другие виды лососевых рыб, осетровых и карповых. При этом в садках водоемов-охладителей ГРЭС и АЭС с 1 м² получают ежегодно от 70 до 170 кг рыбы, или до 1700 т с 1 га. В ближайшие 20–25 лет планируется увеличить в России общий объём производства товарной рыбы до 600 тыс. т.

Рыбное хозяйство в составе водохозяйственного комплекса (ВХК) может быть представлено двояко: как водопотребитель и как водопользователь. Водопотребителем рыбное хозяйство выступает в качестве прудового рыбоводства. Прудовое хозяйство включает несколько типов прудов различного назначения:

- подготовительные (согревательные, пруды-отстойники);
- производственные (маточные, ремонтные, нерестовые, мальковые, выростные, зимовальные, нагульные);
- санитарно-профилактические, карантинно-изоляционные;
- подсобные (пруды-садки).

Рыбоводные прудовые хозяйства (рис. 3.6) могут быть полноцикловые (с выращиванием рыбы от икринок до товарной продукции) и с неполным циклом. Необходимый для выращивания рыбы период времени изменяется от 5–6 до 28–29 месяцев.

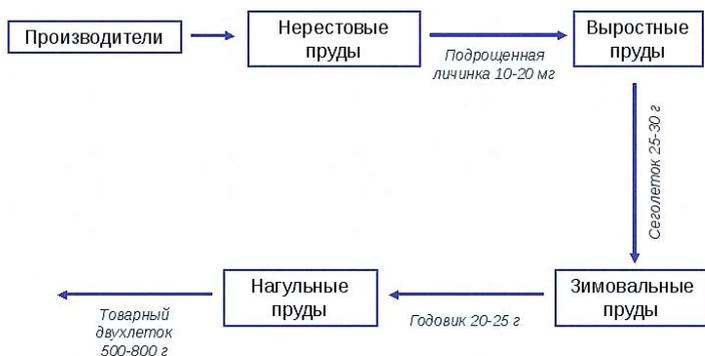


Рис. 3.6. Схема рыбного прудового хозяйства

В рыбоводных хозяйствах используются установки с оборотной системой водоснабжения (рис. 3.7), необходимой для выращивания ценных пород рыб: осетровых, форели. Площадь прудов зависит от их назначения и изменяется в пределах от 10 м² до 100 га. Время наполнения и опорожнения прудов задается от 0,1 до 30 сут.

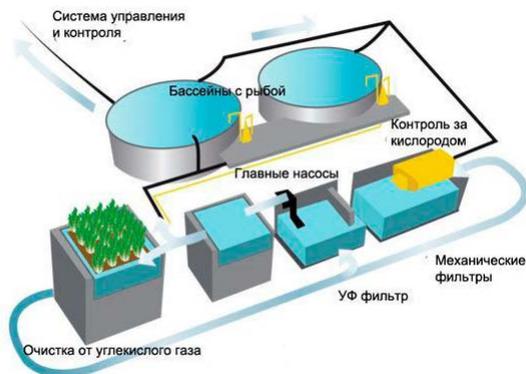


Рис. 3.7. Схема оборотной системы с использованием кислорода (Источник: <https://rostorg.ruprom.net/g23009271-rybnoe-hozyajstvo-emkosti>)

Вода в рыбоводном хозяйстве используется для наполнения прудов, насыщения грунтов их ложа, компенсации потерь воды на испарение и фильтрацию, обеспечения необходимой проточности, санитарных промывок. Объем требуемой воды определяется в зависимости от площади и средней глубины прудов.

Тема 3.5. Водные объекты как приемники сточных вод

Предприятия промышленности являются одним из основных источников загрязнения водных объектов. Со сточными водами промышленности в них поступает широкий спектр загрязняющих веществ. Особенно разнообразны по составу сточные воды химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной и угольной промышленности.

Сточные воды промышленности по качеству делятся на категории:

- загрязненные сточные воды, не прошедшие очистку;
- недостаточно очищенные сточные воды, которые прошли очистку, но не отвечают нормативным требованиям;
- нормативно очищенные сточные воды, прошедшие требуемую очистку;
- условно чистые сточные воды, не загрязненные в процессе производства.

Загрязненные воды должны проходить очистку на локальных очистных сооружениях. Мощность сооружений очистки сточных вод достаточна, но их эффективность низкая. Поэтому 80–85 % сточных вод, прошедших очистку, не соответствуют нормативным требованиям.

Объём сточных вод в среднем по промышленности РФ составляет около 90 % объёма водопотребления. Однако не все сточные воды сбрасываются в водные объекты, часть их используется в оборотно-последовательных системах (около 70 %), что приводит к существенному снижению объёмов возвратных вод.

Экономия воды в промышленности достигается за счет проведения ряда мероприятий.

1. *Введение прогрессивных систем водоснабжения.* В целом по России соотношение объёмов использованной свежей и оборотной воды составляет, соответственно 35,5 и 64,5 %. Максимальные расходы воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения характерны для Уральского, Центрального, Поволжского и Западно-Сибирского экономических районов.

В промышленности используются комбинированные системы водоснабжения с элементами оборотных, повторных и прямоточ-

ных систем. Подобное использование водных ресурсов позволяет существенно снизить потребление воды из источника водоснабжения.

Введение полного водооборота в промышленности позволяет снизить забор свежей воды на 80–90 %. При этом существенно снижается опасность загрязнения водоприемника сточными водами.

Широкое внедрение совершенных водооборотных систем (вплоть до замкнутых) способно не только решить проблему водообеспечения потребителей, но и сохранить водные объекты в устойчивом экологическом состоянии.

В районах с дефицитом пресной воды применяются дуплексные системы водоснабжения. В этом случае пресная вода подается для питьевых целей, а минерализованная используется для технических целей. Соотношение между пресной и минерализованной водой, используемой в дуплексных системах, колеблется в широких пределах, в зависимости от вида водопотребления.

2. *Переход на маловодные технологии* производства продукции. Например, замена водяного охлаждения на воздушное охлаждение.

3. *Экономическое стимулирование водоохранной деятельности* предприятий. Предоставление предприятиям налоговых и кредитных льгот при внедрении ими малоотходных и ресурсосберегающих технологий, использование нетрадиционных видов энергии, осуществление эффективных мер по охране окружающей среды. Экономический механизм призван заинтересовать предприятия в выполнении требований экологического законодательства, например, путем введения:

- платежей за использование природных ресурсов и штрафов за загрязнение окружающей среды;
- налоговых и кредитных льгот в сфере охраны природы.

4. *Контроль и учет использования водных ресурсов*. Это дает возможность анализировать эффективность использования воды, выявлять случаи нарушения договорных обязательств и природоохранного законодательства, применять методы экономического стимулирования.

Водоотведение — поступление в водный объект или в понижения и впадины использованных вод, которые изменяют к худшему качество воды в водоприёмнике. Таким образом, водоотведение тесно

связано с загрязнением водных объектов. Наиболее древняя канализационная система обнаружена при раскопках в г. Мохенджо-Даро (Индия). Она была построена три-четыре тысячи лет тому назад и включала магистральный канал, отстойник и кирпичные стоки для дождевой воды. В VII веке до нашей эры сточные воды от бань и терм Рима отводились в р. Тибр по так называемой Большой Клоаке (Cloaca Maxima). По мере развития цивилизации кроме канализации населенных мест начали создаваться специальные сооружения по отведению не только коммунально-бытовых, но и других сточных вод. Отводимые загрязненные воды подразделяются:

- на коммунально-бытовые;
- производственные;
- сельскохозяйственные;
- талые, дождевые и поливомоечные;
- шахтно-рудничные и карьерные;
- коллекторно-дренажные;
- балластные.

С коммунально-бытовыми сточными водами отводятся фекалии, остатки пищи, мелкий мусор, растворенные соли и другие загрязняющие вещества. Для этих вод характерна бактериологическая загрязненность, в том числе возбудителями различных заболеваний. Поэтому в крупных городах, как правило, осуществляется полная биологическая очистка всех или большей части сточных вод. Во многих случаях коммунально-бытовые сточные воды очищаются совместно с производственными водами, предварительно очищенными на локальных очистных сооружениях. Для эффективной работы станций полной биологической очистки концентрации загрязняющих веществ в поступающих на очистку производственных сточных водах не должны превышать установленных нормативов. Если эти нормативы не выдерживаются, требуется или предварительное разбавление чистой водой, или более глубокая очистка производственных сточных вод на локальных сооружениях. Эффективность очистки определяется по соотношению (в процентах) концентраций загрязняющих веществ в неочищенной и очищенной воде. Для полной биологической очистки характерна высокая эффективность очистки от органических и взвешенных веществ

(80–95 %) и особенно бактерий (98–99 %) и сравнительно низкая – от соединений азота, фосфора и тяжелых металлов (40–60 %).

Производственные сточные воды, в отличие от коммунально-бытовых вод, весьма разнообразны по составу содержащихся в них загрязняющих веществ. Наибольшие загрязнители водных объектов – предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, нефтеперерабатывающие заводы и химические комбинаты. Самыми распространенными загрязняющими веществами в производственных сточных водах являются нефтепродукты, фенолы и тяжелые металлы. При чрезвычайно высокой концентрации этих веществ в неочищенных производственных сточных водах и их фильтрации в подземные горизонты существует опасность загрязнения подземных водных объектов. Это обстоятельство прежде всего необходимо учитывать при строительстве и эксплуатации водозаборов подземных вод.

Подогретые сточные воды тепловых и атомных электростанций являются источниками теплового загрязнения рек и водоемов. Повышение температуры природных вод приводит к нарушению газового режима, снижению концентрации кислорода, увеличению содержания органических веществ и аммонийного азота, эвтрофикации водоемов, а также к уменьшению численности и даже гибели некоторых видов рыб.

Сельскохозяйственные сточные воды включают хозяйственно-бытовые сточные воды сельских населенных пунктов, производственные сточные воды предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и стоки животноводческих комплексов. К отдельно рассматриваемым рассредоточенным источникам загрязнения относится смыв с сельскохозяйственных полей ядохимикатов и минеральных удобрений.

В *животноводческих комплексах* накапливается значительное количество навоза, который в случае отсутствия или нарушения специальной технологии хранения и использования может быть опасен для подземных и поверхностных водных объектов. Поэтому в последние годы во многих европейских странах особое внимание уделяется разработке и внедрению эффективных технологий по утилизации, очистке и использованию стоков животноводческих комплексов, в том числе по использованию этих стоков для создания биогазовых установок.

Талые, дождевые и поливочные воды смывают с городских территорий и выносят в гидрографическую сеть мусор и опавшую листву, продукты разрушения дорожных покрытий, частицы грунта, нефтепродукты и другие загрязняющие вещества от транспорта, выпавшие из атмосферы аэрозоли и т. д. В короткий промежуток времени, когда происходит вынос загрязняющих веществ с талыми, дождевыми и поливочными водами, масса этих веществ может превышать общее количество загрязнений, содержащихся в коммунально-бытовых и производственных сточных водах. Кроме того, ливневые коллекторы, как правило, имеют выпуски в водные объекты в черте города, т. е. практически в створе водопользования, что усугубляет тяжелую экологическую ситуацию. Перечень загрязняющих веществ, выносимых поверхностным стоком с урбанизированной территории, весьма широк и сильно отличается для талых, дождевых и поливочных вод. Здесь сказываются как природные, так и антропогенные факторы. К антропогенным факторам относится благоустройство территории, количество и интенсивность движения транспорта, производственная ориентация промышленных предприятий и т. д. По условиям формирования загрязненного поверхностного стока его можно разделить на две основные категории:

- сток с селитебной территории;
- сток с площадок промышленных предприятий.

Ливневый сток с селитебной территории характеризуется повышенным содержанием взвешенных веществ, нефтепродуктов и растворимых примесей в виде солей органического происхождения, особенно азота и фосфора. Поверхностный сток с промплощадок по своему составу может существенно отличаться в зависимости от технологии производства, организации складского хозяйства, наличия локальных очистных сооружений, схемы водоотведения и других производственных факторов. Диапазон загрязняющих веществ в этом стоке чрезвычайно широк.

Концентрация взвешенных веществ в дождевых, талых и поливочных водах в несколько раз выше, чем в бытовых, и может достигать 2000–2500 мг/дм³. При залповых сбросах грубодисперсных примесей происходит частичное их осаждение в створе ливневыпуска и ниже по течению. Это вызывает заиливание водного объекта,

препятствует нормальному протеканию биологических процессов на дне водоприёмника.

Основными источниками загрязнения поверхностного стока органическими веществами являются оседающие аэрозоли, продукты неполного сгорания топлива и вещества, вымываемые из почвы. Содержание в поверхностном стоке органических биохимически окисляемых веществ по БПК₅ достигает 150–350 мг/дм³.

Нефтепродукты существенно влияют на кислородный режим водного объекта. Кроме того, образующаяся на водной поверхности пленка препятствует процессу реаэрации водного объекта. Загрязнение поверхностного стока нефтепродуктами чаще всего происходит по непредвиденным причинам и в основном обусловлено неудовлетворительным состоянием и экологически неправильной эксплуатацией транспортных средств. По данным экспериментальных исследований Н.А. Правошинского, для средних городских условий содержание нефтепродуктов в дождевых, талых и поливомоечных водах может превышать 25 мг/дм³.

Серьезная опасность загрязнения водных объектов талыми, дождевыми и поливомоечными водами уже осознана, и во многих странах мира осуществляются мероприятия по очистке этих вод и их отведению за пределы города или за пределы водных объектов особой экологической значимости.

Шахтно-рудничные и карьерные воды являются одним из основных источников загрязнения рек и водоёмов в районах концентрации горной и нефтедобывающей промышленности. Эти воды обладают высокой минерализацией (до 30 г/дм³), мутностью, повышенной кислотностью, щелочностью и жесткостью. Откачиваемые из глубоких подземных горизонтов подземные воды должны учитываться в приходной части водохозяйственного баланса. В то же время откачка подземных вод в местах горных выработок приводит к образованию депрессионных воронок, усыханию колодцев, а при наличии гидравлической связи подземных и речных вод – к уменьшению водности рек. Таким образом, чаще всего в районе откачки подземных вод водность рек уменьшается, а ниже створа сброса шахтно-рудничных вод – увеличивается. Например, в годовом стоке рек Миус, Кальмиус и Крынка (Приазовье) на долю шахтных вод приходится 30–35 %.

Коллекторно-дренажные воды подразделяются на возвратные воды оросительных систем и коллекторно-дренажные воды осушительных систем. Первые оказывают прямое воздействие на водный режим и учитываются в водно-балансовых расчетах. Их доля составляет от 2 до 70 % от объёма забора воды на орошение (в среднем 30–35 %). Минерализация и солевой состав этих вод значительны и могут достигать более 20 г/дм³. Оказывающие лишь косвенное влияние на водный режим коллекторно-дренажные воды осушительных систем в балансовых расчетах, как правило, не учитываются. В то же время следует иметь в виду, что в первые годы своего существования эти воды обогащены взвешенными и биогенными веществами вследствие разложения органических веществ, в частности торфа.

Коллекторно-дренажные воды оросительных систем часто отводятся в понижения местности, в результате чего образуются довольно значительные по размеру и объёму воды озёра. В настоящее время запасы воды в озере Сарыкамыш, образованном за счет отводимых по старому руслу Амударьи (по коллектору Дарьялык) коллекторно-дренажных вод, сопоставимы с объёмом Аральского моря. Значительное количество воды аккумулировано в Арнасайских озерах, служащих приёмником коллекторно-дренажных вод в бассейне Сырдарьи.

Балластные и мочные воды различных судов обычно доставляются на береговые и плавучие станции очистки. Пассажирские суда оборудуются установками по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод и сжиганию мусора. Объёмы балластных вод сравнительно невелики, однако они могут стать источником биологического загрязнения.

Выводы

1. Использование водных ресурсов в мире и в России непрерывно растет из-за интенсивного применения водоемких технологий в промышленности, сельском и коммунальном хозяйствах.
2. В России водопотребление в настоящее время составляет 83 км³/год, что соответствует годовому стоку двух таких рек, как Дон и Днепр.
3. Структура водопотребления по отраслям экономики в России отличается от ситуации, сложившейся в мире. В мировой практике бóльший объём водопотребления связан с потребностями орошения, а в России бóльшая доля водопотребления приходится на промышленность.
4. Стратегия экономического развития РФ должна быть направлена на внедрение наилучших доступных технологий (НДТ), а стратегия развития водного хозяйства – на разработку и внедрение замкнутых систем водоснабжения.

Контрольные вопросы

1. Каков общий объём воды, потребляемой на нужды коммунального хозяйства, промышленности и сельского хозяйства в расчете на душу населения в различных странах мира?
2. В чем состоят особенности водопотребления в России?
3. Какие основные проблемы водопользования существуют в настоящее время? Какие движущие силы осуществляют глобальный круговорот воды на планете?
4. В каких отраслях промышленности водные ресурсы используются с изъятием и без изъятия из водных объектов?
5. Какие факторы определяют величину водопотребления?
6. Какая часть извлекаемой воды используется в промышленности, сельском и коммунальном хозяйствах на территории России?
7. Какая система водоснабжения (прямоточная, повторная, оборотная) наиболее рационально использует водные ресурсы?
8. Каковы преимущества и особенности внедрения замкнутых систем водопользования?

9. Какие мероприятия в условиях развития промышленного производства направлены на рациональное использование водных ресурсов?
10. Какое промышленное производство является наиболее водоемким?
11. Какая отрасль экономики России является лидером по безвозвратному изъятию воды?
12. Какими путями достигается экономия воды при орошении?
13. От какого фактора (природно-климатические условия, вид самого растения и способ полива) больше всего зависит оросительная норма?
14. На сколько процентов позволяет экономить воду переход на дождевание и капельное орошение?
15. Какую норму расхода воды на душу населения установила Всемирная организация здравоохранения в коммунально-бытовом водоснабжении?
16. Каковы особенности использования воды в энергетике?
17. Каковы особенности использования воды речным транспортом?
18. Какой тип водных объектов имеет приоритетное значение при организации отдыха населения (рекреация)?
19. Как используются водные ресурсы в рыбном хозяйстве? Перечислите основные модули в схеме рыбного прудового хозяйства.
20. Куда больше всего сбрасываются загрязненные сточные воды?
21. На какие виды подразделяются сточные воды, сбрасываемые в водные объекты?
22. На какие категории по качеству делятся сточные воды в промышленности?

Модуль 4. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ И РЕЕСТР ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Тема 4.1. Мониторинг водных объектов

Мониторинг состояния водной среды осуществляется с давних пор. Наиболее ранние водомерные наблюдения проводились задолго до нашей эры. К ним относятся, например, измерения уровней воды в реке Нил. В первом тысячелетии нашей эры водомеры применялись для распределения оросительной воды в бассейнах рек Египта, Средней Азии, Индии, Китая.

В XV веке Леонардо да Винчи предложил измерять скорость воды поплавками, а в XVIII веке Ломоносов – вертушкой, которая в усовершенствованном виде используется и в наше время. При Петре I проведены изыскания по строительству Волго-Балтийского (Мариинского) водного пути. Первый водомерный пост на реке Нева установлен в 1715 г. у Петропавловской крепости, тогда же начаты гидрологические наблюдения на Ладожском озере и Валдайских озерах.

Основы создания сети гидрометрических постов и станций в России были заложены в 1874–1884 гг. К 1916 г. численность пунктов наблюдений достигла 1500. Измерялись расходы воды и состав наносов, гидробиологические и гидрометеорологические показатели (осадки, испарение), температура и химический состав воды.

В период становления Советского государства резко сократились измерения на реках и озерах страны. В 1929 г. было принято решение о создании Единой гидрометеорологической службы СССР. К этому времени численность пунктов наблюдений превысила 2 700, началось производство отечественных измерительных приборов. До середины XX века основное внимание уделялось регистрации гидрологических показателей.

По мере развития промышленности и роста численности населения существенно возросло антропогенное воздействие на водные объекты, особенно на качество вод. Возникла необходимость в регистрации данных о водопользовании, качестве природных и сточных вод. К 1990 г. в Советском Союзе функционировало около 7 500 пунктов гидрологических и свыше 7 000 пунктов гидрохи-

мических наблюдений, учетом было охвачено более 88 тыс. водопользователей.

В настоящее время системы водного мониторинга функционируют практически во всех странах мира. Главные задачи водного мониторинга:

- измерение гидрологических, гидрогеологических, водохозяйственных, гидрохимических, гидробиологических и других показателей количества и качества природных и сточных вод;
- оперативная оценка и краткосрочное прогнозирование состояния водной среды и её изменений под влиянием антропогенного воздействия;
- заблаговременное оповещение о различных чрезвычайных явлениях: затоплении, аварийном загрязнении, разрушении гидротехнических сооружений и т. д.;
- пополнение баз данных водного кадастра и геоинформационных систем.

Водный мониторинг, как правило, проводится по единой общегосударственной системе при унификации (стандартизации) методов и средств измерений, контроля и аттестации данных, форм представления первичной и передаваемой пользователям информации. Современные системы базируются на применении автоматизированных измерительных устройств, компьютерной техники и космических технологий.

Водной рамочной директивой Европейского союза предусматривается ведение водного мониторинга, предназначенного для информационного обеспечения разработки планов управления речными бассейнами, оценки и прогнозирования экологического состояния водных объектов и предупреждения об экологически опасных явлениях.

В настоящее время в России государственный мониторинг представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов РФ, муниципальных образований, физических и юридических лиц.

Государственный мониторинг водных объектов осуществляется в границах бассейновых округов с учетом особенностей режима

водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностей.

Ведение мониторинга водных объектов регулируется законодательством и нормативными документами:

- Водным кодексом Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ;
- Положением об осуществлении государственного мониторинга водных объектов, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 10.04.2007 г. № 219.

Организация мониторинга водных объектов. Государственный мониторинг водных объектов в РФ является частью государственного мониторинга окружающей природной среды, включающей:

- регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями поверхностных и подземных вод;
- сбор, хранение, пополнение и обработку данных наблюдений; создание и ведение банков данных;
- оценку и прогнозирование изменений состояния водных объектов, количественных и качественных показателей поверхностных и подземных вод.

Целями государственного мониторинга водных объектов являются:

- своевременное выявление и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;
- оценка эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;
- информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе в целях государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

Основными задачами мониторинга являются:

- регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями состояния водных ресурсов, а также за режимом использования водоохраных зон;
- сбор, обработка и хранение полученной информации для оцен-

ки и прогнозирования изменений состояния водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов;

- внесение сведений, полученных в результате наблюдений, в государственный водный реестр, ведение которого осуществляется специально уполномоченным государственным органом – Федеральным агентством водных ресурсов Российской Федерации.

В мониторинге водных объектов можно выделить следующие подсистемы:

- мониторинга поверхностных водных объектов с учетом данных мониторинга, осуществляемого при проведении работ в области гидрометеорологии и смежных с ней областях;
- мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохранных зон;
- мониторинга подземных вод с учетом данных государственного мониторинга состояния недр;
- наблюдений за водохозяйственными системами, в том числе за гидротехническими сооружениями, а также за объёмом вод при водопотреблении и водоотведении.

Исходя из поставленных целей выделяют следующие виды мониторинга: режимный мониторинг, оперативный (при возникновении опасных ситуаций) и специальный.

Основную информацию о качестве поверхностных вод суши получают в рамках режимных наблюдений. Фоновые наблюдения практически проводятся по программе режимных наблюдений. Оперативные наблюдения развиты слабо, они базируются на режимных наблюдениях с дополнительным оперативным проведением работ в случае выявления чрезвычайных ситуаций. Этот вид мониторинга требует своего развития.

В настоящее время государственный мониторинг водных объектов проводят Федеральное агентство водных ресурсов, Федеральное агентство по недропользованию, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Федеральная служба по надзору в сфере природопользования.

На *локальном* уровне мониторинг водных объектов осуществляют водопользователи, которые ведут систематические наблюдения

за водными объектами в порядке, определяемом территориальными органами Министерства природных ресурсов и экологии РФ (МПР), и представляют данные наблюдений в указанные органы в соответствии с водным законодательством.

На *территориальном* уровне мониторинг водных объектов осуществляют территориальные органы МПР и Росгидромета, которые обеспечивают наблюдение, сбор, контроль, обработку, обобщение, накопление, хранение, распространение информации, ведение территориальных банков данных и передачу данных мониторинга на региональный (бассейновый) уровень.

На *региональном (бассейновом)* уровне мониторинг водных объектов осуществляют бассейновые водохозяйственные управления, региональные геологические центры и другие уполномоченные на то территориальные органы МПР и территориальные управления Росгидромета. Производится обобщение, накопление, хранение, распространение информации, ведение региональных (бассейновых) банков данных по соответствующему региону (бассейну) и передача данных на федеральный уровень.

На *федеральном* уровне ведение мониторинга водных объектов обеспечивают МПР и Росгидромет. Они осуществляют обобщение данных мониторинга регионального (бассейнового) уровня, ведение банков данных, подготовку данных мониторинга водных объектов для государственных докладов и официальных публикаций, осуществляют информационный обмен на межведомственном и международном уровнях.

К работам федерального назначения относятся наблюдения:

- в районах городов с населением более 1 млн жителей;
- при пересечении реками государственной границы (пограничных водных объектов);
- на замыкающих створах больших и средних рек;
- в устьях загрязненных притоков больших рек и водоемов;
- в районах повторяющихся аварийных сбросов загрязняющих веществ и заморных явлений среди водных организмов;
- на незагрязненных участках водоемов и водотоков, а также водоемах и водотоках, расположенных на территории государственных заповедников и природных национальных парков.

К работам специального назначения относятся наблюдения:

- в районах городов с населением менее 1 млн жителей;
- в районах сброса сточных вод отдельно стоящими крупными предприятиями;
- в местах нереста и зимовья ценных и особо ценных видов промысловых организмов;
- в районах организационного сброса сточных вод, в результате чего наблюдается высокая загрязненность воды;
- на важных для рыбного хозяйства предплотинных участках рек;
- в местах организованного сброса дренажных сточных вод с орошаемых территорий и промышленных сточных вод.

В 2013 г. органы Росгидромета проводили наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям на 1 184 водных объектах (1 036 водотоков и 148 водоемов). На этих водных объектах расположены 1 816 пунктов наблюдения, включая 2 490 створов, 3 220 вертикалей и 2 810 горизонтов. Оценку состояния пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям осуществляли на 149 водных объектах России на 234 гидробиологических пунктах и 351 створе. В отобранных пробах определяли до 28 показателей.

Контроль загрязнения поверхностных вод производится регулярно специально созданной сетью пунктов наблюдения. Порядок организации и проведения наблюдений на этих пунктах определен ГОСТ 17.1.3.07–82 и соответствующими методическими указаниями. Разработанная система контроля предусматривает согласованную программу работ по гидрохимии, гидрологии, гидробиологии и получение данных, характеризующих качество воды по физическим, химическим, гидробиологическим показателям.

Важнейшей задачей контроля качества поверхностных вод является правильный выбор пунктов наблюдения, под которыми понимается место на водоеме или водотоке, где производится комплекс работ для получения данных о качестве воды. Пункты наблюдения в зависимости от народнохозяйственного значения водных объектов, их размеров и экологического состояния подразделяются на 4 категории. Пункты могут включать один или несколько створов, которые представляют собой условные поперечные сечения во-

доема или водотока. Расположение створов наблюдения зависит от гидрологических и морфологических особенностей водного объекта, положения источников загрязнения, объема и состава сточных вод, интересов водопользователей.

Один створ устанавливается на водотоках, не имеющих организованного сброса сточных вод, в устьях загрязненных притоков, на незагрязненных участках водотоков, на замыкающих и предплотинных участках рек.

Два створа и более устанавливаются на водотоках с организованным сбросом сточных вод. Один из них располагают в 1 км выше источника загрязнения, вне зоны его влияния, другие — ниже источника или группы источников сточных вод. Расположение створов ниже источника загрязнения определяется характером распространения загрязняющих веществ и устанавливается в местах достаточно полного (не менее 80 %) смешения сточных и речных вод.

При контроле качества воды всего водоема устанавливается не менее трех створов, равномерно распределенных по акватории. Для наблюдения за качеством воды на отдельных загрязненных участках водоема створы располагаются с учетом условий водообмена. В проточных водоемах с интенсивным водообменом створы располагаются так же, как и на водотоках: первый в 1 км выше источника загрязнения, остальные — ниже, на расстоянии 0,5 км от сброса сточных вод и за границей загрязненной зоны. На водоемах с умеренным и замедленным водообменом один створ устанавливается вне зоны влияния сточных вод, другой совмещается с местом сброса загрязненных стоков, остальные (не менее двух) располагаются по обе стороны от источника загрязнения, на расстоянии 0,5 км от него и за границей зоны загрязнения. В створе водного объекта может быть несколько вертикалей с опробованием воды из разных горизонтов. Количество вертикалей в створе определяется шириной зоны загрязнения, условиями смешения природных и сточных вод. Количество горизонтов на вертикали зависит от глубины водного объекта. При глубине до 5 м устанавливается один горизонт на расстоянии 0,3 м от поверхности воды. В водных объектах с глубиной 5–10 м исследуются два горизонта — поверхностный и придонный (0,5 м от дна). При глубине 10–100 м устанавливаются 3 горизонта: поверхностный, на половине глубины и придонный.

Периодичность и программа наблюдений определяются категорией пункта. В пунктах 1-й и 2-й категорий визуальные наблюдения проводятся ежедневно. Отбор проб, гидрологические и гидрохимические наблюдения выполняются еженедельно (по сокращенной программе 2 для пунктов 1-й и сокращенной программе 1 – для пунктов 2-й категории), ежемесячно (по сокращенной программе 3) и в основные фазы водного режима (по обязательной программе). Для большинства водных объектов наблюдения по обязательной программе производятся 7 раз в год: трижды во время половодья – на подъеме, пике и спаде; дважды во время летней межени – при наименьшем расходе воды и при прохождении дождевого паводка; осенью перед ледоставом; во время зимней межени.

Отбор проб воды для определения ее химического состава и физических свойств производится в соответствии с ГОСТ 17.1.5–85 на больших водных объектах с судна, а на маленьких с лодки (рис. 4.1, 4.2). Из поверхностного горизонта пробы отбираются бутылкой или эмалированным ведром, из глубинных слоев – батометром. Объем пробы с каждого створа составляет 7–8 л. Отобранная вода разливается в различные емкости для раздельного анализа на отдельные ингредиенты и загрязняющие вещества. При необходимости производится соответствующая подготовка и консервация проб.



Рис. 4.1. Экспедиционное судно



Рис. 4.2. Отбор проб с резиновой лодки

При изучении природных вод для унификации анализов, проводимых в различных лабораториях, используют определенные методы, характеризующиеся высокой воспроизводимостью, требуемой чувствительностью, простотой выполнения, экспрессно-

стью, дешевой анализе. Для анализа природных вод используют фотометрические, газохроматографические, атомно-абсорбционные методы.

Мониторинг водных объектов является частью мониторинга природной среды в целом. Согласно современным международным подходам мониторинг любого компонента природной среды (в том числе водных объектов) должен включать комплекс стандартизированных наблюдений и приёмов обработки, анализа и передачи потребителям результатов этих наблюдений.

Тема 4.2. Основные физико-химические показатели качества водных ресурсов

Под качеством природной воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1.01–77), при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

Взвешенные примеси. Взвешенные твердые примеси, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды. Содержание в воде взвешенных примесей, измеряемое в мг/л, дает представление о загрязненности воды частицами условным диаметром более $1 \cdot 10^{-4}$ мм.

При содержании в воде взвешенных веществ менее 2–3 мг/дм³ или больше указанных значений, но при этом условный диаметр частиц меньше $1 \cdot 10^{-4}$ мм, определение загрязненности воды производят косвенно по мутности воды.

Мутность и прозрачность. Мутность воды вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения.

Качественное определение проводят описательно: мутность незаметна (отсутствует), слабая опалесценция, опалесценция, слабомутная, мутная и сильная муть.

В России мутность чаще всего измеряют в нефелометрических единицах мутности НЕФ (NTU) для небольших значений в пределах 0–40 НЕФ (NTU), например для питьевой воды. В условиях большой мутности обычно применяется измерение единиц мутности по формазину (ЕМФ). Пределы измерений – 40–400 ЕМФ.

Наряду с мутностью, особенно в случаях, когда вода имеет незначительные окраску и мутность и их определение затруднительно, пользуются показателем «прозрачность». Мера прозрачности – высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в воду специальную белую пластину (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (шрифт Снеллена). Результаты выражаются в сантиметрах.

Запах. Характер и интенсивность запаха природной воды определяют органолептически. По характеру запахи делят на две группы: естественного происхождения (живущие и отмершие в воде организмы, загнивающие растительные остатки и др.); искусственного происхождения (примеси промышленных и сельскохозяйственных сточных вод). Интенсивность запаха оценивают по шестибальной шкале. Запахи второй группы (искусственного происхождения) называют по определяющим запах веществам: хлорный, бензиновый и т. д.

Вкус и привкус. Интенсивность вкуса и привкуса определяется также по шестибальной шкале. Различают четыре вида вкусов: соленый, горький, сладкий, кислый.

Качественную характеристику оттенков вкусовых ощущений (привкуса) выражают описательно: хлорный, рыбный, горьковатый и так далее. Наиболее распространенный соленый вкус воды чаще всего обусловлен растворенным в воде хлоридом натрия, горький – сульфатом магния, кислый – избытком свободного диоксида углерода и т. д. Порог вкусового восприятия соленых растворов характеризуется такими концентрациями (в дистиллированной воде), мг/л: NaCl – 165; CaCl₂ – 470; MgCl₂ – 135; MnCl₂ – 1,8; FeCl₂ – 0,35; MgSO₄ – 250; CaSO₄ – 70; MnSO₄ – 15,7; FeSO₄ – 1,6; NaHCO₃ – 450.

Цветность. Показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений, выражается в градусах платино-кобальтовой шкалы и определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с этало-

нами. Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа.

Минерализация — суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ. Минерализация природных вод, определяющая их удельную электропроводность, изменяется в широких пределах. Большинство речных вод имеет минерализацию от нескольких десятков до нескольких сотен миллиграммов в литре. Их удельная электропроводность варьирует от 30 до 1500 мкСм/см. Минерализация подземных вод и соленых озер изменяется в интервале от 40–50 мг/дм³ до сотен граммов на литр (плотность в этом случае уже значительно отличается от единицы). Удельная электропроводность атмосферных осадков с минерализацией от 3 до 60 мг/дм³ составляет 10–120 мкСм/см.

Природные воды по минерализации разделены на группы. Предел пресных вод — 1 г/кг — установлен в связи с тем, что при минерализации более этого значения вкус воды неприятен — он соленый или горько-соленый.

Граница между солоноватыми и солеными водами принята на том основании, что при минерализации около 25 г/кг температура замерзания воды и температура наибольшей плотности морской воды совпадают и при этом меняются некоторые свойства воды.

Граница 50 г/кг между солеными водами и рассолами обусловлена тем, что соленость больше этого значения не бывает в морях; такая соленость характерна только для соленых озер и некоторых подземных вод.

Электропроводность — это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Электрическая проводимость воды зависит в основном от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. Минеральную часть воды составляют ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Этими ионами и обуславливается электропроводность природных вод. Присутствие других ионов, например Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , NO_3^- , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , не сильно влияет на электропроводность, если эти ионы не содержатся в воде в значительных количествах (например, ниже выпусков производственных или хозяйственно-бытовых сточных вод). По значениям электропроводности можно приблизительно судить о минерализации воды.

Жесткость воды обуславливается наличием в воде ионов кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), стронция (Sr^{2+}), бария (Ba^{2+}), железа (Fe^{3+}), марганца (Mn^{2+}). Но общее содержание в природных водах ионов кальция и магния несравнимо больше содержания всех других перечисленных ионов – и даже их суммы. Поэтому под жесткостью понимают сумму количеств ионов кальция и магния. Общая жесткость складывается из значений карбонатной (временной, устранимой кипячением) и некарбонатной (постоянной) жесткости. Первая вызвана присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, вторая – наличием сульфатов, хлоридов, силикатов, нитратов и фосфатов этих металлов. Однако при значении жесткости воды более 9 ммоль/л нужно учитывать содержание в воде стронция и других щелочноземельных металлов.

По действующему стандарту, включающему более 500 терминов, жесткость определяется как способность воды образовывать пену с мылом.

В России жесткость воды выражают в ммоль/л. В жесткой воде обычное натриевое мыло превращается (в присутствии Ca^{2+}) в нерастворимое «кальциевое мыло», образующее бесполезные хлопья. И пока таким способом не устранится вся кальциевая жесткость воды, образование пены не начнется. На 1 ммоль/л жесткости воды для такого умягчения воды теоретически затрачивается 305 мг мыла, практически – до 530. Но, конечно, основная неприятность, связанная с повышенной жесткостью, – это образование накипи.

Международные своды нормативов качества воды: нормы качества питьевой воды Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), такие же нормы Европейского союза (ЕС), стандарты ИСО, а также Национальные нормы питьевой воды США – не нормируют жесткость воды, только отдельно содержание в воде ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}).

Щелочностью воды называется суммарная концентрация содержащихся в воде анионов слабых кислот и гидроксильных ионов, вступающих в реакцию с соляной или серной кислотами с образованием хлористых или серноокислых солей щелочных и щелочноземельных металлов.

Различают следующие формы щелочности воды: бикарбонатную (гидрокарбонатную), карбонатную, гидратную, фосфатную, силикатную, гуматную — в зависимости от анионов слабых кислот, которыми обуславливается щелочность.

Щелочность природных вод, pH которых обычно ниже 8,35, зависит от присутствия в воде бикарбонатов, карбонатов, иногда и гуматов. Щелочность других форм появляется в процессах обработки воды.

Так как в природных водах почти всегда щелочность определяется бикарбонатами, то для таких вод общую щелочность принимают равной карбонатной жесткости.

Органические вещества. Спектр органических примесей очень широк, они делятся на две группы:

- 1) *группа растворенных примесей*: гуминовые кислоты и их соли — гуматы натрия, калия, аммония; некоторые примеси промышленного происхождения; часть аминокислот и белков;
- 2) *группа нерастворенных примесей*: фульвокислоты (соли) и гуминовые кислоты и их соли — гуматы кальция, магния, железа; жиры различного происхождения; частицы различного происхождения, в том числе микроорганизмы.

Содержание органических веществ в воде оценивается по методикам определения окисляемости воды, содержания органического углерода, биохимической потребности в кислороде, а также поглощения в ультрафиолетовой области.

Величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях, называется окисляемостью. Существует несколько видов окисляемости воды: перманганатная, бихроматная, иодатная, цериевая (методики определения двух последних применяются редко). Окисляемость выражается в миллиграммах кислорода, эквивалентного количеству реагента, пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды.

Окислители могут действовать и на неорганические примеси, например на ионы Fe^{2+} , S^{2-} , NO_2^- , но соотношение между этими ионами и органическими примесями в поверхностных водах сдвинуто в сторону органических примесей, то есть «органики» в решающей степени больше.

В подземных водах (артезианских) это соотношение обратное, то есть органических примесей гораздо меньше, чем указанных ионов. Практически их совсем нет. К тому же неорганические примеси могут определяться непосредственно индивидуально.

Если содержание указанных восстановителей суммарно меньше 0,1 ммоль/л, то ими можно пренебречь, в иных случаях нужно вносить соответствующие поправки.

Для природных малозагрязненных вод рекомендовано определять перманганатную окисляемость (перманганатный индекс); в более загрязненных водах определяют, как правило, бихроматную окисляемость (БХО).

Окисляемость перманганатная измеряется мгО/дм³, если учитывается масса иона кислорода в составе перманганата калия, пошедшего на окисление «органики», или мгКМnO₄/дм³, если оценивается количество перманганата калия, пошедшего на окисление «органики».

Окисляемость бихроматная, мгО/дм³, называемая также химической потребностью в кислороде, — показатель, дающий более правильное представление о содержании в воде органических веществ, так как при определении БХО окисляется около 90 % органических примесей, а при определении перманганатной окисляемости — 30–50 %.

В англоязычной литературе бихроматная окисляемость (БХО) или химическое потребление кислорода (ХПК) обозначают термином COD (Chemical Oxygen Demand), в немецкой литературе — CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf).

При анализе ХПК наиболее надежные результаты получаются при концентрациях 300–600 мгО/дм³. При этом анализе окисляются ионы Br⁻, J⁻, NO₂⁻, некоторые соединения серы и др.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) — показатель, определяемый при окислении «органики» природных вод не химическими веществами, а биохимическим воздействием в аэробных условиях. Чаще определяют биохимическое потребление кислорода за пять суток — БПК₅, и, как правило, этот показатель в поверхностных водах находится в пределах 0,5–4,0 мгО/дм³. При определении БПК₅ (при температуре воды 20 °С, рН = 6–8, достаточном

обеспечении доступа кислорода к пробе воды) за 5 суток окисляется примерно 70 % легкоокисляющихся органических веществ, за 10–20 суток – соответственно 90 и 99 %. Для полного окисления определяют БПК_{полн}, при этом процесс окисления длится 15–20, в редких случаях – до 35 суток.

Общий органический углерод (ООУ) – достаточно надежный показатель содержания в воде органических веществ, в среднем численно равный 50 % массы органических веществ. В природных поверхностных водах значения органического углерода могут колебаться от 1 до 20 и даже до нескольких сотен мг/дм³ (в болотистых водах).

Растворенный кислород поступает в водоем путем растворения его при контакте с воздухом (абсорбции), а также в результате фотосинтеза водных растений. Содержание растворенного кислорода зависит от температуры, атмосферного давления, степени турбулизации воды, минерализации воды и др. В поверхностных водах содержание растворенного кислорода может колебаться от 0 до 14 мг/дм³. В артезианской воде кислород практически отсутствует.

Водородный показатель (рН) – один из важнейших показателей качества воды для определения ее стабильности, накипеобразующих и коррозионных свойств, прогнозирования химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. Если рассматривать воду без примесей, то физическая сущность рН может быть описана следующим образом.

Приблизительно одна миллионная часть молекул воды диссоциирует (распадается) на ионы водорода Н⁺ и гидроксила ОН⁻ по уравнению



Но такое же количество молекул воды одновременно снова образуется. Следовательно, состав воды при определенной температуре и в отсутствие примесей не изменяется:

$$K_w = (\text{H}^+) \cdot (\text{OH}^-) = 10^{-14}.$$

Произведение концентраций этих ионов не меняется и называется ионным произведением воды – K_w . Так как распадается незначительное количество молекул воды, то концентрации ионов Н⁺

и OH^- малы, тем более мало их произведение. K_w при температуре 24,8 °C равно 10^{-14} .

Повышение концентрации водородных ионов вызывает соответствующее снижение концентрации гидроксид-ионов и наоборот.

Для нейтральной среды

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7} \text{ г} \cdot \text{ион/л}.$$

Для оценки кислотности и щелочности среды удобно пользоваться не концентрацией водородных ионов, а водородным показателем рН. Он равен десятичному логарифму концентраций водородных ионов, взятому с обратным знаком:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Если в воде растворено какое-либо вещество, которое само источник ионов H^+ и OH^- (кислоты HCl , H_2SO_4 , HNO_3 и др.; щелочи NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и др.), то концентрации ионов H^+ и OH^- не будут равны, но их произведение K_w будет постоянно. Воду в зависимости от рН делят на семь групп.

Тяжелые металлы выделяются из общей группы металлов по специфической вредности для живых организмов. Понятие «тяжелые металлы» не относится к строго определенным металлам. Разные авторы в составе группы тяжелых металлов указывают разные химические элементы. В экологических публикациях в эту группу включают около 40 элементов с атомной массой более 50 атомных единиц. Н.Ф. Реймерс относит к тяжелым металлам элементы с плотностью более 8 г/см^3 , выделяя при этом подгруппу благородных металлов. Обычно к тяжелым металлам относят медь, никель, кадмий, кобальт, висмут, ртуть и свинец.

Тема 4.3. Оценка качества воды по химическим и биологическим показателям

В водно-экологической практике чаще всего используются следующие показатели качества вод, донных отложений и биоты (рыб и других водных организмов):

- химические;
- биологические и микробиологические;
- радиационные.

Эти показатели находятся в тесной взаимосвязи: в отдельные периоды года при соответствующих гидравлических процессах донные отложения образуют «вторичное» загрязнение поверхностных вод; радиационное загрязнение является причиной исчезновения некоторых водных организмов и т. д.

Гидрохимические показатели обычно выражаются в виде концентраций (например, мг/дм³) химических веществ, содержащихся в природной воде или сточных водах. При определении концентраций, средних за месяц, сезон или год, вычисляются средневзвешенные значения по формуле

$$K_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i},$$

где K_i – концентрация химического вещества в воде i -й отобранной пробы; Q_i – расход воды в момент отбора i -й пробы; n – количество отобранных проб воды для последующего анализа в гидрохимических лабораториях.

На практике гидрометрические измерения не всегда производятся одновременно с отбором проб воды для гидрохимического анализа. В этих случаях средневзвешенные значения заменяются средними, достоверность которых понижается. Кроме того, отделить влияние на качество вод естественных и антропогенных факторов достаточно трудно. Поэтому методы теории вероятностей и математической статистики для обработки и обобщения гидрохимических показателей не всегда применимы. Большое количество гидрохимических показателей предопределяет необходимость ис-

пользования обобщающего показателя, по которому можно было бы судить о категории качества воды. В настоящее время для оценки гидрохимического состояния водных объектов продолжает применяться разработанный еще в СССР интегральный показатель, называемый индексом загрязненности вод (ИЗВ) и вычисляемый следующим образом:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{K_i}{\text{ПДК}_i},$$

где K_i — фактическая концентрация i -го приоритетного загрязняющего вещества в поверхностных водах; ПДК_i — предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в водном объекте рыбохозяйственного назначения.

К приоритетным гидрохимическим показателям как правило, относятся биохимическая потребность кислорода в течение пяти суток (БПК_5), растворенный кислород и четыре показателя, выбираемые путем ранжирования максимальных соотношений $K_i/\text{ПДК}_i$. Значения ПДК принимаются согласно действующим в каждом государстве нормативам: правилам охраны поверхностных вод, санитарным нормам, государственным стандартам и т. д.

В отдельных странах мира используются несколько иные способы вычисления ИЗВ (или другого, близкого к ИЗВ интегрального гидрохимического показателя). Учитывается, например, не шесть, а меньшее или большее количество показателей, в расчет принимаются только те из них, по которым зарегистрировано превышение ПДК, и т. д. В зависимости от значения ИЗВ устанавливается 7 классов степени загрязненности поверхностных водных объектов (табл. 4.1).

Гидробиологические показатели отличаются от гидрохимических показателей. Они характеризуют не текущее экологическое состояние водного объекта, а то состояние, которое сформировалось к настоящему моменту на протяжении прошедшего, относительно длинного периода времени (нескольких лет или десятилетий). Они определяются по количеству и массе растительных и живых организмов как в водной среде (фитопланктон и зоопланктон), так и в донных отложениях (зообентос).

Таблица 4.1

Классификация качества поверхностных вод
по гидрохимическим показателям

| Класс качества воды | Текстовое описание | Величина ИЗВ |
|---------------------|-----------------------|---------------------|
| I | Очень чистая | Менее или равно 0,3 |
| II | Чистая | 0,3–1 |
| III | Умеренно загрязненная | 1–2,5 |
| IV | Загрязненная | 2,5–4 |
| V | Грязная | 4–6 |
| VI | Очень грязная | 6–10 |
| VII | Чрезвычайно грязная | более 10 |

На основе этих показателей вычисляются значения:

- индекса сапробности;
- биотического индекса;
- индекса Гуднайта – Уитли;
- индекса Шеннона.

По значениям вышеупомянутых индексов производится классификация качества поверхностных вод (табл. 4.2).

Индекс сапробности (от греч. *sapros* – гнилой) определяется для фитопланктона и зоопланктона по численности видов и их массе.

Биотический индекс устанавливается по видовому разнообразию (чем большее количество видов живых организмов, тем более высокий индекс) и лучшему организму-индикатору.

Индекс Гуднайта – Уитли определяется для зообентоса по отношению общей численности олигохет (малощетинковых червей) к общей численности донных организмов.

Индекс Шеннона характеризует биоразнообразие и нарушенность сообществ живых организмов в фитопланктоне и зоопланктоне.

Таблица 4.2

Классификация качества вод по гидробиологическим показателям

| Класс качества воды | Степень загрязнения воды | По фитопланктону, зоопланктону, фитоперифитону | По зообентосу | |
|---------------------|--------------------------|--|---|-------------------------------------|
| | | Индекс сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладечека) | Отношение общей численности олигохет к общей численности донных организмов (индекс Гуднайта – Уитли), % | Биотический индекс Вудивисса, баллы |
| I | Очень чистые | Менее 1,00 | 1–20 | 10 |
| II | Чистые | 1,00–1,50 | 21–35 | 7–9 |
| III | Умеренно загрязненные | 1,51–2,50 | 36–50 | 5–6 |
| IV | Загрязненные | 2,51–3,50 | 51–65 | 4 |
| V | Грязные | 3,51–4,00 | 66–85 | 2–3 |
| VI | Очень грязные | Более 4,00 | 86–100 или макрозообентос отсутствует | 0–1 |

Микробиологические показатели прежде всего используются для оценки качества питьевой воды. Основным из них является концентрация лактозоположительной кишечной палочки, выражаемая через коли-индекс. Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения для питьевого водоснабжения не допускается использование воды с коли-индексом, превышающим 9.

Радиационные показатели характеризуются содержанием радионуклидов (чаще всего цезия-137 и стронция-90) и общей бета-активности в воде, донных отложениях, моллюсках и рыбе. Законодательством многих стран установлены допустимые уровни радиоактивного загрязнения водных объектов.

В последние годы разработаны и частично используются методы определения комплексного показателя качества воды. Они основываются или на вычислении «средневзвешенного» из перечисленных выше гидрохимических, гидробиологических и радиационных

показателей, например интегрального экологического индекса, или на результатах специального биотестирования. Однако эти методы в большей степени пригодны для оценки экологического состояния водных объектов, а не для решения практических водоохранных задач, поскольку требуют чрезвычайно большого объёма исходных данных, погрешность которых достаточно высока. Поэтому планирование водоохранных мероприятий часто производится или из условия соблюдения установленных нормативов по гидрохимическим показателям, или из условия достижения более общих, так называемых целевых показателей: обеспечение выживания лягушки (Великие озёра США и Канады), лосося и форели (бассейн Рейна) и других организмов-индикаторов.

Тема 4.4. Обеспечение достоверности информации

Достоверность данных мониторинга во многом зависит от используемых методов и средств измерения. Поэтому качество данных в значительной степени обеспечивается:

- использованием приборов и методов лабораторного анализа, гарантирующих минимальную погрешность измерений;
- привлечением к измерениям расходов воды, отбору проб и лабораторному анализу высококвалифицированных специалистов;
- проведением тарировочных работ в створах гидрометрических измерений;
- отбором параллельных проб воды и донных отложений для получения усредненных значений по каждому показателю.

Однако вышеперечисленные мероприятия не исключают вероятности ошибок в процессе регистрации информации. Кроме случайных и систематических ошибок регистрации в информации могут появиться дополнительные ошибки на этапах ввода данных на технические носители, хранения, корректировки и обновления информационных массивов. Возможны и преднамеренные искажения, характерные для персонала, не заинтересованного в предоставлении достоверных сведений, например данных о количестве загрязняющих веществ, сбрасываемых в водные объекты. Поэтому в системах мониторинга большое внимание уделяется верификации

данных, т. е. их анализу на достоверность с корректировкой ошибочных показателей или их исключением из баз данных.

Степень разработки и внедрения методов контроля гидрологической, водохозяйственной и гидрохимической информации различна.

Гидрологические показатели, как правило, характеризуют случайные процессы формирования речного стока. Для их контроля вполне приемлемы методы теории вероятностей и математической статистики. Основанная на этих методах система контроля гидрологических данных включает серию последовательно выполняемых проверок:

- полноты сообщений и совместимости отдельных показателей;
- синтаксических правил представления информации (количество десятичных знаков, единицы измерения, возможность отсутствия величины и т. д.);
- скорости изменения гидрологических величин в единицу времени;
- соответствия установленным (по данным многолетних наблюдений) экстремальным значениям и аналитическим зависимостям между различными показателями.

Эффективность используемых в настоящее время методов контроля гидрологических данных достаточно высока. Так, достоверность данных о речном стоке не превышает 5–15 %. Однако в условиях интенсивной водохозяйственной деятельности, т. е. при значительном безвозвратном водопотреблении, погрешность гидрологических данных возрастает. В этих случаях обеспечение достоверности данных может быть достигнуто использованием балансовых методов контроля.

Водохозяйственная информация, в отличие от гидрологической, характеризует не естественные явления и процессы, а активные виды хозяйственной деятельности. Поэтому для контроля водохозяйственных показателей по использованию воды методов теории вероятностей и математической статистики недостаточно. Кроме статистических критериев разработаны, включены в соответствующие руководства и реализованы в действующих автоматизированных информационных системах специальные методы контроля данных о заборах, использовании и сбросах воды. Эти методы основываются на водно-балансовых соотношениях, установленных

закономерностях и взаимосвязях между отдельными водохозяйственными показателями, сопоставлении с нормативными данными и данными за предыдущий период. Существующие системы контроля в основном обеспечивают требуемую достоверность данных о заборах и использовании воды, погрешность которых оценивается в 10–20 %. Погрешность данных о сбросах сточных вод несколько выше, что обусловлено недостаточностью средств измерений на выпусках сточных вод и отсутствием регулярного учёта ливневых, талых и поливомоечных вод, поступающих в канализационные сети. Тем самым исключается возможность использования для контроля зависимостей и закономерностей, характерных для коммунально-бытовых или производственных сточных вод.

Контроль гидрохимических показателей природных и сточных вод представляет собой более сложную процедуру, поскольку гидрохимическая информация изменчива во времени и подвержена влиянию большого числа природных и антропогенных факторов. Для повышения достоверности гидрохимической информации разработаны соответствующие методы контроля данных гидрохимических анализов сточных и природных вод. Эти методы определяют последовательность проводимых проверок, основными из которых являются:

- попадание исходных данных в «физические границы» или экстремально возможные значения;
- сравнение отдельных показателей, полученных в рамках одного отбора проб;
- сравнение отдельных показателей в контексте пространственно-временной изменчивости;
- сопоставление полученных результатов с нормативными показателями, т. е. с предельно допустимой концентрацией (ПДК) в водном объекте или допустимой концентрацией (ДК) на выпуске предприятия;
- сравнение результатов измерения с ретроспективной информацией для идентификации резко выделяющихся наблюдений, которые подлежат дополнительному анализу;
- попадание исходных и обобщенных данных в диапазон, установленный доверительным интервалом, определяемым методами теории вероятностей и математической статистики;
- нахождение невязки гидрохимического баланса.

Составление гидрохимического баланса является достаточно эффективным методом контроля информации о сбросах сточных вод. Однако его применение возможно только при наличии данных о количестве и качестве поверхностных вод в двух расчетных створах реки, о количестве и качестве сточных вод, сбрасываемых в водный объект между этими створами всеми водопользователями, а также данных о количестве загрязняющих веществ в поверхностном стоке с территории, ограниченной расчётными створами. В современных условиях балансовые расчёты представляются целесообразными для отдельных городов и промышленных центров при наличии необходимой исходной информации.

Для повышения достоверности информации используются автоматизированные информационные системы. Объём собираемой, обрабатываемой и анализируемой информации о водных ресурсах, их использовании и качестве вод чрезвычайно велик. Поэтому ведение водного мониторинга и водного кадастра практически невозможно без применения автоматизированных измерительных комплексов и средств современной вычислительной техники.

В настоящее время сотни миллионов людей заняты в сфере информационных технологий. Персональные компьютеры являются мгновенно действующими помощниками большинства работающего населения нашей планеты. Производство электронно-вычислительной техники поднялось на пьедестал почета и заняло первое место, опередив даже такие приоритетные отрасли, как военно-промышленный комплекс, атомная энергетика и космические исследования. Пожалуй, впервые в истории техническое устройство, ещё не успев удивить людей, становится музейной редкостью. Именно такая участь постигла вычислительные машины второй половины прошлого столетия.

Операционные системы компьютеров нынешнего столетия существенно совершенствуются не реже чем один раз в год. В связи с этим трудно говорить о какой-либо устоявшейся технологии обработки и анализа информации (в том числе и водно-экологической), поскольку возможности компьютерных технологий будут постоянно возрастать. В этих условиях при достаточно общих знаниях о вычислительной технике специалисты в области водохозяйственной

и водоохранной деятельности должны корректно формулировать как требования к разработке автоматизированных информационных систем (АИС), так и запросы на получение необходимой информации от действующих АИС.

Самыми общими характеристиками современных компьютерных технологий являются:

- практически неограниченный объём оперативной и особенно внешней памяти;
- фантастическая скорость обработки информации: до ста и выше миллиардов операций в секунду;
- возможность представления информации в виде таблиц, диаграмм и графиков (в том числе и в цветном изображении), а также карт различного масштаба.

Действующие автоматизированные системы водного мониторинга, как правило, включают следующие блоки или подсистемы:

- ввода и контроля исходных данных;
- корректировки, обновления и обеспечения хранения информации;
- сервисного обслуживания исходными данными;
- обобщения информации и сервисного обслуживания обобщенными данными.

Современные АИС позволяют в оперативном режиме выдавать по запросам пользователей как исходную, так и обобщенную информацию о водных ресурсах, их использовании и качестве вод. В запросах могут быть указаны следующие параметры выборки или обобщения:

- интервал времени (несколько лет, год, месяц, конкретная дата);
- территория (государство, область, город, район);
- водный объект;
- пункт наблюдений на водном объекте;
- створ водного объекта;
- участок бассейна или русла реки;
- отрасль экономики;
- министерство или ведомство;
- предприятие или организация;
- ограничения на количественные показатели, т. е. указываемые в запросе диапазоны расходов или объёмов воды, концентраций загрязняющих веществ в природных или сточных водах и т. д.

В современных автоматизированных информационных системах предусматривается возможность выборки и обобщения информации не только по одному, но и по нескольким одновременно выполняемым параметрам выборки и обобщения. В случае задания двух и более диапазонов ограничений на запрашиваемые показатели обеспечивается выдача данных в двух вариантах:

- одновременно выполняются все ограничения;
- удовлетворяется условие одного из заданных ограничений.

Таким образом, современными системами обеспечивается выдача информации по запросу любой сложности. При этом особое внимание уделяется подготовке интегральных (как правило, расчетных) показателей, непосредственно используемых органами управления. Для наглядного представления водно-экологической информации на картах различного масштаба применяются геоинформационные системы (ГИС), в которых состав наносимых на карты данных выбирается пользователем. Так называемое послойное отображение информации может дополняться графиками, диаграммами и табличными данными, относящимися к тому или иному пункту или части территории, отмеченной на карте. Представление основной части информации производится как в визуальном, так и в акустическом виде, воздействуя одновременно на зрение и слух пользователя системы, что существенно увеличивает процент запоминаемой информации.

В последние годы происходит процесс постепенного преобразования информационно-советующих систем мониторинга в информационно-управляющие системы. Переход от прежнего «информируем» к новому «рекомендуем» сложен, однако решение этой задачи весьма важно для повышения эффективности управления использованием и охраной вод.

Тема 4.5. Водный кадастр и водный реестр

Предложения о составлении водного кадастра впервые были внесены в 1923 г. на конференции по изучению естественных производительных сил России. В бывшем СССР практические работы по ведению водного кадастра были начаты в 1931 г. под руководством В.Г. Глушкова и Л.К. Давыдова. Первый водный кадастр, составленный и изданный в 1931–1945 гг., охватывал все виды водных объектов (реки, озёра, болота, подземные воды, моря, ледники) и содержал в систематизированном виде материалы гидрологических наблюдений с их научным анализом. Однако перечень включенных в кадастр показателей не был ориентирован на конкретного пользователя.

Второе издание водного кадастра (1959–1977 гг.) систематизировало сведения по поверхностным водам (включая отдельные данные о заборах воды на орошение). Были изданы также кадастры морей и подземных вод. Кадастровые работы проводились по типовой методике с учётом потребностей в информации основных пользователей кадастра.

Начиная с 1977 г. создавалась практически новая система водного кадастра, отличающаяся расширением номенклатуры включаемых в кадастр сведений (в первую очередь — данных о водопользовании и качестве вод), существенным повышением уровня автоматизации и информационным обслуживанием пользователей по их запросам. В 1990 году функционировала межведомственная Автоматизированная информационная система государственного водного кадастра (АИС ГVK), состоящая из трех многофункциональных блоков: «Поверхностные воды», «Подземные воды» и «Использование вод». База данных АИС ГVK включала сведения о всех видах водных ресурсов, их использовании, качестве природных и сточных вод по огромному количеству исходных и обобщенных показателей, регистрируемых стационарными постами гидрологических, гидрохимических и гидрогеологических наблюдений, а также самими водопользователями.

Задачи новой системы водного кадастра нашей страны практически не отличались от задач водного кадастра других стран мира и формулировались следующим образом:

- систематизация, хранение и анализ данных о водных ресурсах, их использовании и качестве вод;
- информационное обеспечение органов управления водохозяйственной и водоохранной деятельностью;
- ежегодная и перспективная оценка располагаемых водных ресурсов и их изменения под влиянием антропогенного воздействия;
- подготовка рекомендаций по совершенствованию водного мониторинга;
- информирование общественности о состоянии водной среды и прогнозе её изменений под влиянием антропогенных и климатических факторов;
- межгосударственный обмен водно-экологической информацией.

Водный кадастр основывается на следующих исходных данных:

- инвентаризации (паспортизации) водных и водохозяйственных объектов, а также источников загрязнения;
- водного мониторинга;
- разрешений на специальное водопользование;
- статистической отчетности водопользователей.

Состав включаемых в статистическую отчетность показателей и формы их представления зависят от особенностей и условий того или иного государства. Тем не менее общим для большинства стран является включение в статистические отчеты данных об объемах забираемой, используемой и сбрасываемой воды, расходах воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, количестве загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах. На начальном этапе действовала единая форма статистической отчетности № 2-ТП (водхоз). После 2000 года разработана и введена в действие новая форма статистической отчетности водопользователей № 2-ОС для составления отчета «Сведения о выполнении водохозяйственных и водоохраных работ на водных объектах». Статистической отчетностью охвачено свыше 4,6 тысячи водопользователей. Она основывается на первичном учете использования вод, осуществляемом предприятиями и организациями по типовым формам первичной отчетной документации: ПОД₁, ПОД₂ и ПОД₃ (1 – водопотребление, 2 – водоотведение и 3 – качество сточных вод).

Водный реестр представляет собой систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов РФ, собственности муниципальных образований, собственности физических лиц, юридических лиц, об их использовании, о речных бассейнах, о бассейновых округах.

В водном реестре осуществляется государственная регистрация договоров водопользования, решений о предоставлении водных объектов в пользование, перехода прав и обязанностей по договорам водопользования, а также прекращения договоров водопользования.

Водный реестр создается в целях информационного обеспечения комплексного использования водных объектов, целевого использования водных объектов, их охраны, а также в целях планирования и разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий.

В водный реестр включаются документированные сведения:

- о бассейновых округах;
- о речных бассейнах;
- о водохозяйственных участках;
- о водных объектах, расположенных в границах речных бассейнов, в том числе об особенностях режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностях;
- о водохозяйственных системах;
- об использовании водных объектов, в том числе о водопотреблении и сбросе вод, в том числе сточных, в водные объекты;
- о гидротехнических и иных сооружениях, расположенных на водных объектах;
- о водоохраных зонах и прибрежных защитных полосах, зонах затопления, подтопления и других зонах с особыми условиями их использования;
- о решениях о предоставлении водных объектов в пользование;
- о договорах водопользования;
- об иных документах, на основании которых возникает право собственности на водные объекты или право пользования водными объектами.

Сбор и хранение документированных сведений о подземных водных объектах осуществляются в соответствии с законодательством о недрах.

Документированные сведения водного реестра относятся к государственным информационным ресурсам. Документированные сведения государственного водного реестра носят открытый характер, за исключением информации, отнесенной законодательством РФ к категории ограниченного доступа.

В течение пяти рабочих дней уполномоченный Правительством РФ федеральный орган исполнительной власти предоставляет заинтересованному лицу сведения из государственного водного реестра или в письменной форме направляет ему мотивированный отказ в предоставлении таких сведений. Отказ может быть обжалован заинтересованным лицом в судебном порядке.

Информация о предоставлении водных объектов в пользование размещается на официальном сайте уполномоченного Правительством РФ федерального органа исполнительной власти в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Ведение государственного водного реестра осуществляется уполномоченным Правительством РФ федеральным органом исполнительной власти.

Выводы

1. Государственный мониторинг водных объектов позволяет оценивать и прогнозировать состояние и использование водных ресурсов в условиях роста антропогенной нагрузки и глобальных изменений климата.
2. Для оценки качества природной воды следует одновременно использовать физические, химические и биологические показатели.
3. Достоверность данных мониторинга водных объектов во многом зависит от используемых методов и средств измерения.
4. Водный кадастр является базой данных мониторинга водных объектов и предназначен для информирования о состоянии водной среды и прогнозе её изменений под влиянием антропогенных и климатических факторов.

5. Водный реестр представляет собой систематизированный свод документированных сведений о речных бассейнах, водных объектах и их использовании.

Контрольные вопросы

1. Какие главные задачи поставлены перед системой мониторинга водных объектов?
2. Что означает бассейновый подход при проведении водного мониторинга?
3. Кто осуществляет государственный мониторинг на локальном, территориальном, региональном (бассейновом) и федеральном уровнях?
4. Какие работы относятся к наблюдениям федерального и специального назначения?
5. Сколько водных объектов охвачено наблюдениями Росгидромета?
6. Чем отличается программа и периодичность наблюдений для пунктов различных категорий?
7. Какие основные физико-химические показатели качества водных ресурсов оцениваются при ведении мониторинга водных объектов?
8. Из чего состоят взвешенные твердые примеси, присутствующие в природной воде?
9. Какой показатель характеризует присутствие в воде тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения?
10. Какие ионы обуславливают электрическую проводимость воды и от чего зависит её величина?
11. Какие интегральные показатели характеризуют содержание органических веществ в природной воде?
12. Как можно описать физическую сущность рН, если в воде отсутствуют примеси?
13. По какой причине из общей группы металлов выделяют тяжелые металлы?
14. Как оценить гидрохимическое состояние водных объектов и рассчитать индекс загрязнения воды (ИЗВ)?

15. В чем состоит отличие оценки качества воды по химическим и биологическим показателям?
16. Дать классификацию качества воды по гидрохимическим показателям.
17. На основе каких биологических индексов производится классификация качества воды?
18. Концентрация каких микроорганизмов выражается через коли-индекс?
19. Содержание каких радионуклидов характеризуют радиационные показатели?
20. От чего зависит достоверность данных мониторинга водных объектов?
21. Основные задачи водного кадастра.
22. На каких данных основывается водный кадастр?
23. Какой систематизированный свод документированных сведений о водных объектах представляет водный реестр?

Модуль 5. СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Многолетние наблюдения за изменением качества поверхностных вод Российской Федерации по химическим показателям свидетельствуют о том, что существенных изменений в сторону улучшения качества воды не происходит: 63 водных объекта находятся в крайне напряженном экологическом состоянии, их вода десятилетиями оценивается как «грязная», «очень грязная», отдельных водных объектов – как «экстремально грязная».

Сохраняется устойчивая тенденция роста числа случаев экстремально высокого загрязнения поверхностных вод, связанного с несанкционированными сбросами сточных вод предприятиями промышленности и ЖКХ. Около 50 % всех подобных случаев было связано с систематическими сбросами сточных вод предприятиями металлургической и горнодобывающей промышленности.

Данные гидробиологического мониторинга подтверждают отсутствие значимого повышения качества воды и улучшения состояния водных экосистем.

Несмотря на наметившуюся в последние годы положительную тенденцию уменьшения антропогенной нагрузки на отдельные водные объекты адекватного улучшения качества поверхностных вод не происходит. Основными причинами являются:

- отсутствие на многих предприятиях необходимых очистных сооружений;
- сброс неочищенных ливневых стоков с территорий больших городов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий;
- большие объёмы накопившихся загрязняющих веществ в донных отложениях, являющихся источниками вторичного загрязнения поверхностных вод.

Из года в год число створов с высоким уровнем загрязненности воды колеблется в пределах 670–700, на большинстве из них высокий уровень загрязненности воды стабилизировался, и только на единичных створах наблюдается тенденция улучшения качества воды.

Наибольшее количество водных объектов, в которых качество поверхностных вод в многолетний период характеризуется 4-м

классом («грязная» и «очень грязная») и 5-м классом («экстремально грязная») наблюдается в следующих субъектах РФ:

- в Центральном федеральном округе – водные объекты Московской области;
- Северо-Западном федеральном округе – водные объекты Мурманской и Архангельской областей;
- Приволжском федеральном округе – водные объекты Башкортостана, Татарстана;
- Уральском федеральном округе – водные объекты Тюменской, Челябинской, Свердловской областей;
- Дальневосточном федеральном округе – водные объекты Хабаровского края.

У нынешнего поколения людей исчезла иллюзия о неисчерпаемости водных ресурсов на Земле. Количество сточных вод, спускаемых в реки и озера, во многих районах мира выросло настолько, что, обладая самоочищающей способностью, водоемы и водотоки уже не смогли восстанавливать нарушенное равновесие условий в них. За 30–40 лет в сточные каналы превратились реки Рейн, Сена, Темза, Северн, Тибр, Миссисипи, Огайо, Потомак, озеро Эри. В угрожающем положении оказались Волга, Амур, Днепр, ряд озер России. Когда пленки нефтяного загрязнения, распространившиеся от берегов Западной Европы и Северной Америки, сомкнулись в северной части Атлантического океана, стало ясно, что дальнейшее промедление грозит человечеству гибелью. Во многих странах этой проблемой начали заниматься на уровне правительств, для ее решения были выделены большие средства. Однако ряд капиталистических индустриальных стран весьма своеобразно подошли к наведению порядка на своих внутренних водоемах. С одной стороны, они разработали мероприятия по предотвращению или ликвидации загрязнения, вложив в это крупные средства, с другой – стали переводить предприятия, наиболее сильно загрязняющие водные объекты, в развивающиеся страны. Это помогло улучшить ситуацию в индустриальных странах, но не сняло проблему на планете в целом, поскольку началось катастрофическое загрязнение рек и водоемов в развивающихся странах, загрязнение Мирового океана.

Объявленное в 1977 г. на Первой всемирной конференции по водным ресурсам ООН (Мар-дель-Плата, Аргентина) десятилетие

питьевого водоснабжения и предпринятые в ряде стран усилия, несомненно, сыграли положительную роль. Так, если в 1977 г., по данным ООН, из-за некачественного водоснабжения страдала болезнями одна треть, то в 1987 году – уже четверть населения Земли. Тем не менее проблема всё еще продолжает оставаться очень острой. Стало ясно, что решить ее каким-либо одним путем и в отдельных странах нельзя. Нужны меры экономические, технические, административные, юридические, и применяться они должны повсеместно.

Тема 5.1. Изменение климата и его влияние на водные ресурсы

5.1.1. Глобальное потепление

Продолжительность инструментальных наблюдений за климатом уже превысила вековой период, обеспечивая получение надежных оценок внутривековых колебаний климатических характеристик и выводов о вековых тенденциях при сопоставлении их с климатическими эпохами прошлого. Главный итог инструментальных наблюдений за климатом – вывод о глобальном потеплении климата или о повышении средней глобальной приземной температуры воздуха – уже не вызывает сомнений (рис. 5.1). Однако продолжают дискуссии о происхождении и роли антропогенных факторов и естественной изменчивости в повышении температуры воздуха.

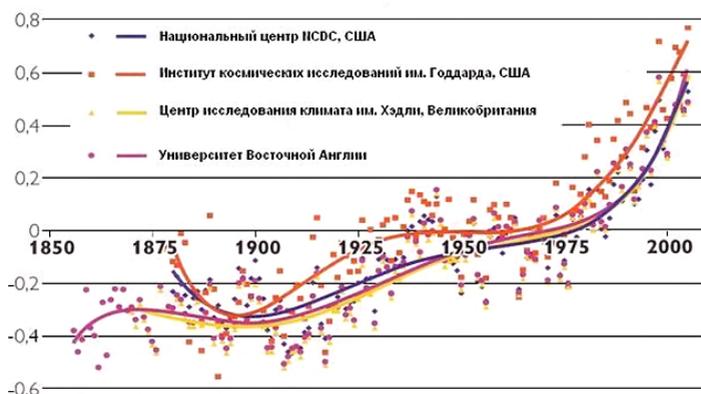


Рис. 5.1. Рост глобальной температуры по данным метеостанций мира (Источник: <https://ru.sciencedc.com/65086-120119152353-69>)

Впервые эта проблема как следствие антропогенного увеличения содержания углекислого газа в атмосфере была поставлена М.И. Будыко в начале 70-х годов прошлого века. С тех пор значения средней годовой температуры Северного полушария в начале 1980-х гг. превысили уровень потепления 1930–1940 гг., а со второй половины 1990-х гг. рекордные значения аномалий (по отношению к норме за 1961–1990 гг.) сменяются почти ежегодно: 1995 г. – 0,4 °С, 1997 г. – 0,5 °С, 1998 г. – 0,6 °С. За период 1891–2000 гг. средняя годовая температура Северного полушария увеличилась примерно на 0,8 °С, причем за последние 10 лет она возросла на 0,4 °С – также как и за предыдущие почти 100 лет; 2010–2019-е годы стали самым теплым десятилетием, а 2020 г. – самым теплым годом за период инструментальных наблюдений.

Процесс глобального потепления приводит к изменениям в природной среде: отступлению вечной мерзлоты (рис. 5.2), уменьшению площади и толщины морских льдов (рис. 5.3), сокращению горных ледников в высоких и средних широтах, продвижению на север границы лесной растительности.



Рис. 5.2. Изменение границы вечной мерзлоты
(Источник: <https://theslide.ru/uncategorized/vozdushnye-resursy-biosfery-i-globalnye-ekologicheskie>)

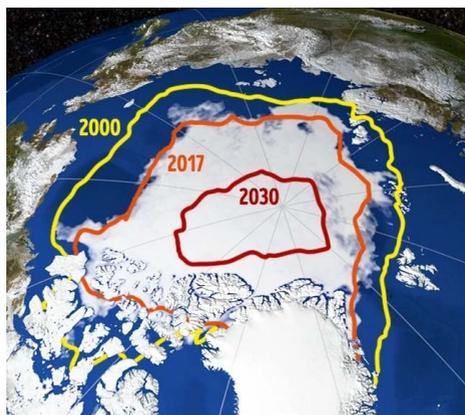


Рис. 5.3. Сокращение площади льда в Арктике
(Источник: <https://meteoinfo.ru/novosti/10414-15012014-2014>)

Общие характеристики современного глобального потепления во многом совпадают с прогнозом М.И. Будыко об изменениях климата в связи с увеличением количества двуокси углерода в атмосфере. При этом нельзя недооценивать и роль естественных факторов и механизмов колебаний климата, таких как Северное Атлантическое колебание и Эль-Ниньо – Южное колебание.

Наряду с потеплением происходят изменения в выпадении осадков. Так, на севере Западной Европы и европейской части России, в Западной Сибири и Средней Азии в период с 1981 по 1990 г. в сравнении с периодом, принятым за норму (1951–1975 гг.), осадков было на 10–15 % выше нормы.

5.1.2. Изменение климата на территории России

Климат в России теплеет в 2,5 раза быстрее, чем в среднем по всей планете, а в Арктике этот процесс идет в 3,5 раза быстрее. Одновременно происходят и другие трансформации: в частности, меняется режим осадков, режим циркуляции – воздуха в атмосфере и вод в океане. Всё это приводит к изменению погоды и состояния водных ресурсов. Климатологи не исключают, что всплески холода и тепла на российской территории в дальнейшем будут становиться более резкими. По их мнению, в 20-е годы XXI в. увеличится число природных катастроф и повысится среднегодовая температура.

Анализ временных рядов 455 метеостанций на территории России (в основном её западной части) за период 1901–1995 гг. показал, что повышение средней годовой температуры составило $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$; $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$ – для холодного, $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$ – для теплого периода.

За период с 1976 по 2006 г. суммарное среднее потепление в целом по России (рис. 5.4) составило $1,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 31 год и превысило столетнее среднее потепление ($1,00\text{--}1,29\text{ }^{\circ}\text{C}$). Более того, потепление неоднородно в пространстве. Наиболее значительным оно оказалось в зоне $50\text{--}55^{\circ}$ с. ш., уменьшаясь к югу и северу.

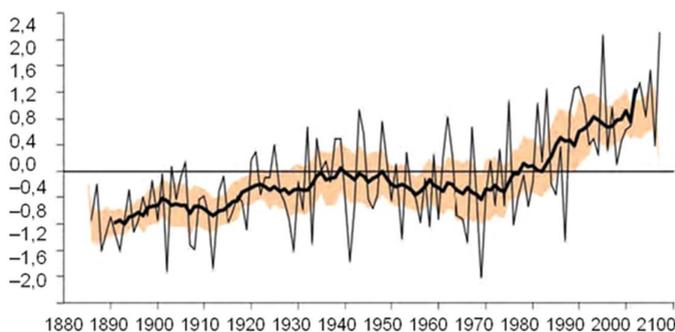


Рис. 5.4. Изменение температуры на территории России

В настоящее время изменение климата в России уже приводит к учащению опасных метеорологических явлений, вызывающих ураганы, ливни, наводнения, пожары. За последние 20 лет их число удвоилось. По оценке МЧС, около 60 % россиян проживает в зонах, где поражающие факторы погодных стихий могут нанести существенный ущерб населению и инфраструктуре.

На сегодняшний день годовой экономический ущерб от чрезвычайных ситуаций, вызванных климатическими аномалиями, российские специалисты оценивают в 30–60 миллиардов рублей. В будущем, по прогнозам экспертов, расходы на ликвидацию последствий стихийных бедствий могут вырасти до 675–900 миллиардов рублей в год, что эквивалентно 1,5–2 % валового внутреннего продукта.

5.1.3. Влияние изменения климата на водные ресурсы

Направленные изменения отмечаются в гидрологическом режиме рек и водных ресурсов. Их также связывают с наблюдающимися изменениями климата. В результате комплексного статистического анализа многолетних колебаний стока на территории нашей страны на средних реках с площадями водосбора от 5 до 50 тыс. км² ученые пришли к выводу о том, что начиная со второй половины 70-х годов XX века и по настоящее время на значительной территории нашей страны, включающей европейскую часть России и Западную Сибирь, происходят не наблюдавшиеся ранее изменения во внутригодовом режиме водного стока большинства рек. Это выражается в увеличении водности в меженные месяцы (летне-осенние и зимние). На реках Восточной Сибири однонаправленных изменений стока не отмечено. При этом в бассейнах Волги, Дона и Днепра увеличение меженного стока в последние 15–20 лет достигло 20–40 % от нормы. На всей рассматриваемой территории на реках произошло увеличение годового стока и снижение стока весеннего половодья. Отсюда видно, что увеличение водности рек обусловлено ростом меженного стока. Особое внимание исследователи обращают на необычность этих изменений, так как за последние сто лет все изменения водности рек определялись изменениями стока весеннего половодья.

Аналогичные изменения отмечаются и на малых реках европейской части России, дренирующих водосборы. В то же время в отдельных районах на малых реках, не дренирующих основные водоносные горизонты, несмотря на повышенную увлажненность водосборов происходит снижение их стока во все сезоны года.

Объяснения происходящим изменениям в режиме речного стока находят в том, что в районах достаточного и избыточного увлажнения осадки имеют тенденцию к возрастанию, увеличиваются влагозапасы почвогрунтов в летне-осенний период. Кроме того, в результате повышения температуры воздуха в холодный период уменьшилось промерзание почвы, и часть талого стока также идет на увеличение влагозапасов деятельного слоя почвы. В результате сложились условия, благоприятные для инфильтрационного питания подземных вод, возрастания подземного стока, повышения

уровня основных водоносных горизонтов. Увеличение запасов подземных вод привело к возрастанию подземного питания рек и значительному росту их меженного стока.

Тема 5.2. Антропогенная нагрузка на водные объекты

Водные ресурсы того или иного региона, зависящие от глобальных метеорологических процессов, могут изменяться под влиянием различных видов хозяйственной деятельности, связанной с использованием водных ресурсов или территории, в пределах которой они формируются. В первом случае хозяйственная деятельность оказывает прямое воздействие на водные ресурсы и осуществляется с помощью строительства гидротехнических сооружений – плотин, водохранилищ, водозаборных и водосбросных сооружений. Во втором случае хозяйственная деятельность является причиной косвенного воздействия на водные ресурсы, вызываемого изменением условий формирования речного и подземного стока.

Прямое воздействие на водные ресурсы включает:

- изъятие воды из источника (в том числе для подачи воды в другие бассейны);
- регулирование речного и подземного стока, т. е. его перераспределение во времени путём создания водохранилищ;
- перевод одних видов водных ресурсов в другие.

Размер влияния изъятия воды из источника на водные ресурсы, как правило, характеризуется безвозвратным водопотреблением, вычисляемым по разности объёмов забираемой и сбрасываемой воды выше рассматриваемого створа водного объекта.

При регулировании стока происходит аккумуляция воды в водохранилище (накопление ресурсов) или опорожнение водохранилища в результате попусков воды в нижний бьеф гидроузла. Кроме того, располагаемые водные ресурсы уменьшаются на величину дополнительного испарения, вычисляемую по разности испарения с водной поверхности и испарения с поверхности суши, затопленной при создании водохранилища. Фильтрационные потери водохранилищ увеличивают запасы подземных вод.

Перевод одних видов водных ресурсов в другие осуществляется в результате заполнения подземных ёмкостей поверхностными водами, вывода подземных вод на поверхность, сработки вековых запасов озерных и подземных вод, искусственного усиления таяния ледников.

Косвенное воздействие на водные ресурсы оказывают:

- вырубка леса;
- распашка земли;
- снегозадержание;
- урбанизация;
- осушение;
- строительство прудов и малых водохранилищ;
- горные работы.

Косвенное воздействие приводит к медленным и сравнительно плавным изменениям речного и подземного стока, определить которые трудно вследствие значительных естественных (климатических) колебаний водности, а также из-за компенсационных процессов, заключающихся в уменьшении суммарного испарения с отдельных участков поверхности речного бассейна после осушения болот, понижения уровня грунтовых вод и т. д.

Прямое воздействие практически не изменяет условий формирования естественных водных ресурсов и обычно учитывается в практике составления водохозяйственных балансов. Косвенное воздействие оценивается в виде поправок к естественным характеристикам водных ресурсов в разные по водности годы и сезоны. Используемые при этом методы подразделяются на две основные группы:

1) анализ многолетних данных о расходах воды в пунктах стационарных гидрологических наблюдений совместно с метеорологическими данными и сведениями о хозяйственной деятельности на водосборе;

2) анализ отдельных элементов водного, теплового и солевого баланса непосредственно на участках речного бассейна.

К первой группе относятся методы интегральных кривых, проверки на тренд, множественной корреляции и т. д. Недостатком этих методов является то, что они требуют данных за длительные

периоды наблюдений, охватывающие различные этапы развития хозяйственной деятельности. Кроме того, ими не вскрывается физическая сущность гидрологических процессов, происходящих на водосборе, поэтому влияние каждого фактора в отдельности не может быть определено с достаточной надежностью.

Основу второй группы методов составляют уравнения водного, теплового и солевого балансов, которые позволяют установить физическую сущность гидрометеорологических процессов, происходящих на рассматриваемой территории, и смоделировать будущие водно-балансовые соотношения в зависимости от сценариев развития хозяйственной деятельности. Недостатком этих методов является невысокая точность измерения и расчета отдельных составляющих баланса.

При любом методе оценки влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы необходимо учитывать, что точность оценки зависит от качества, полноты и надежности не только гидрологической и водохозяйственной информации, но и данных о степени хозяйственной деятельности на речных водосборах.

Некоторые виды хозяйственной деятельности, не оказывая существенного влияния на величину водных ресурсов, приводят к нарушению водного режима и тем самым негативно влияют на экологическое состояние водных объектов. В первую очередь это относится к регулированию русел рек: дноуглубительные и другие работы для обеспечения судоходства, углубление рек-водоприемников при осушении заболоченных земель. Осуществление этих мероприятий вызывает понижение уровней воды в русле и на пойме, изменение внутриводных процессов, увеличение скорости течения воды, в результате чего повышается интенсивность переработки берегов, изменяются процессы образования наносов. Если косвенное воздействие в основном сказывается на водных ресурсах малых, а иногда и средних рек, то в результате прямого воздействия даже сравнительно большие реки могут превратиться в ручейки, а на устьевых участках вообще пересохнуть. Примером служит река Сырдарья, которая вследствие интенсивного водопользования в маловодные годы теряется в песках и до Аральского моря не доходит.

Существуют две основные категории источников загрязнения водных объектов: источники точечного загрязнения и диффузного загрязнения. К первой категории относятся, например, сбросы промышленных предприятий и очистных сооружений коммунальных стоков. Ко второй категории относятся, например, загрязнения, связанные с сельским хозяйством, такие как загрязнения вод продуктами распада удобрений и пестицидов.

5.2.1. Водосборы водных объектов

Водосбор водного объекта (реки, озера или водохранилища) или водосборная площадь — это часть земной поверхности и толщи почв и грунтов, откуда водный объект получает свое питание. Схематично выделение границ водосбора для рек, озер и водохранилищ показано на рис. 5.5. В качестве примера на рис. 5.6 показаны фактические водосборные территории основных притоков (Самара, Сок, Чапаевка, Малый Иргиз, Чагра и Сызранка) Саратовского водохранилища.

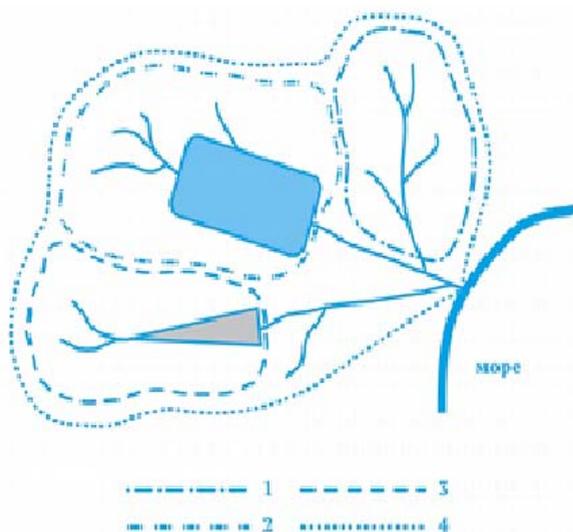


Рис. 5.5. Границы водосбора: 1 — одной реки; 2 — водохранилища; 3 — озера; 4 — всей реки

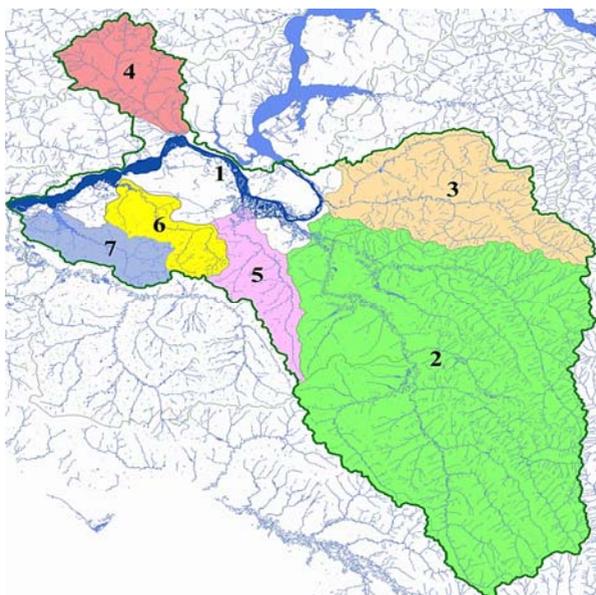


Рис. 5.6. Водосборные территории рек

Различают подземный и поверхностный водосборы, которые могут не совпадать. Следует различать понятия «водосбор» и «бассейн». Бассейн — это часть суши, включающая речную систему и ограниченная орографическим водоразделом. Чаще всего водосбор и бассейн совпадают. Однако нередки случаи их несовпадения. Так, в пределах речного бассейна часть территории может быть бессточной, в таком случае она, оставаясь частью бассейна, в состав водосбора реки не входит.

Бассейн каждого водоёма включает поверхностный и подземный водосборы. Поверхностный водосбор представляет собой участок земной поверхности, с которого поступают воды в данную речную систему или определённую реку. Подземный водосбор образуют толщи рыхлых отложений, из которых вода поступает в речную сеть. В общем случае поверхностный и подземный водосборы не совпадают. Но так как определение границы подземного водосбора практически очень сложно, то за величину речного бассейна принимается только поверхностный водосбор.

Ошибки, возникающие в результате условного отождествления размеров бассейна и поверхностного водосбора, могут оказаться существенными только для малых рек и озёр, а также для более крупных рек, протекающих в геологических условиях, обеспечивающих хороший водообмен между соседними бассейнами (например, карст). Граница между бассейнами отдельных водоёмов проходит по водоразделам.

Бассейны делятся на сточные и бессточные. Бессточными называются области внутриматерикового стока, лишённые связи через речные бассейны с океаном. Формы и размеры бассейнов бывают самые различные и зависят от географического положения, рельефа и геологического строения местности. Притоки рек имеют свои небольшие бассейны, общая совокупность которых составляет площадь бассейна главной реки.

5.2.2. Точечные источники загрязнения

Воздействие точечных источников загрязнения на водные объекты постоянно увеличивается, что обусловлено ростом населения и характерными для нашего времени процессами урбанизации, то есть сосредоточением населения и экономической жизни в городах. Повышение нагрузки на водные объекты является объективным обстоятельством, ведь основой мирового хозяйства в настоящее время служат «мокрые» технологии, использующие воду, которая в результате этого использования оказывается очень грязной.

Рост населения планеты носит поистине взрывной характер. Население планеты за ежегодно прирастает на 100 млн человек. В России процессы урбанизации протекают более интенсивно, чем в среднем на планете. В 1950 г. процент городского населения составлял 48 %, а сейчас – более 75 %. Городское население России занимает всего 0,3 % площади страны. На такой маленькой территории расположены основные точечные источники загрязнения (сбросы сточных вод в водные объекты). Поэтому на территории больших городов России и возникают основные проблемы водного хозяйства.

В Волжском бассейне городское население превышает среднюю норму по России и составляет 77,3 %. Волжане сосредоточены более

чем в 600 городах (50 % всех городов России), среди них 7 городов с населением свыше 1 млн человек, 9 городов с населением от 0,5 до 1,0 млн человек, 14 городов с населением от 0,25 до 0,50 млн человек и 43 города с населением от 0,1 до 0,25 млн человек.

Представляет интерес рост численности населения крупных городов Волжского бассейна начиная с 1897 г. За последние сто лет больше всего увеличилось население городов Перми (24,2 раза), Уфы (21,9 раза), Волгограда (17,9 раза), Нижнего Новгорода (15,1 раза), Самары (13,5 раза). Самые высокие темпы развития наблюдаются у таких молодых городов, как Тольятти и Набережные Челны, население которых с 1926 г. возросло в 111 и 127 раз соответственно.

Точечные источники загрязнения водных объектов чрезвычайно многообразны. Прежде всего, это сточные воды городов и промышленных предприятий. В целом в России и странах ближнего зарубежья в водные объекты сбрасывается свыше 160 км³ сточных вод, в том числе 7 км³ неочищенных и 9 км³ недостаточно очищенных. Сброс сточных вод осуществляется через береговые (рис. 5.7) или русловые (рис. 5.8) выпуски.

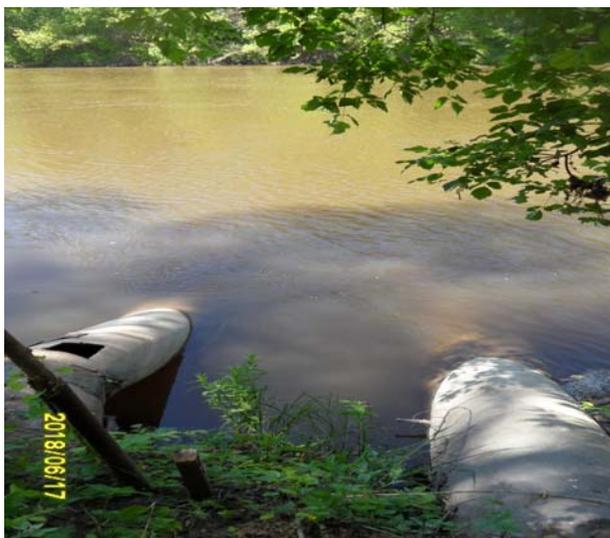


Рис. 5.7. Береговой сброс сточных вод в реку



Рис. 5.8. Русловой сброс сточных вод

Сказываясь на состоянии водных объектов, загрязнение наносит ущерб и экономике, так как со сточными водами промышленных предприятий теряются ценные продукты. В 1985 г. в водные объекты нашей страны было внесено 65 тыс. т нефтепродуктов, 3 тыс. т фенолов, более 100 тыс. т соединений железа, 6,2 млн т сульфатов, свыше 10 млн т хлоридов. Для их перевозки потребовалось бы ежегодно более полумиллиона железнодорожных вагонов.

Во многих регионах мира загрязнение вод всё больше связывается с атмосферными осадками. Определенную роль в ухудшении качества воды играет изменение режима рек и озер. Загрязнение водосборной площади, закачка промышленных сточных вод в подземные горизонты, фильтрация и утечка вод из различных отстойников и накопителей приводят к загрязнению и подземных вод.

Несмотря на разработку водоохранных мероприятий, уровень загрязнения водной среды остается очень высоким. В ряде контрольных створов он превышает допустимые концентрации более чем в 10 раз.

Всё это вызывает нарушение функционирования экосистем, снижает их биопродуктивность, в ряде случаев вырождаются ценные виды флоры и фауны, причиняется прямой ущерб здоровью человека. По данным санитарно-эпидемиологической службы,

четверть водопроводов коммунального хозяйства и треть ведомственных подают воду без достаточной очистки. В результате водопроводная вода не отвечает гигиеническим требованиям по химическим и микробиологическим показателям, что обуславливает высокий уровень инфекционной и неинфекционной заболеваемости.

Наиболее распространено и опасно загрязнение воды нефтепродуктами. Этому способствуют широкое использование нефти и нефтепродуктов в различных отраслях народного хозяйства, добыча нефти в прибрежных районах и на шельфах внутренних морей, транспортировка ее водным, железнодорожным и автомобильным транспортом, а также по трубопроводам. Попав в водоем, 1 т нефти растекается по поверхности площадью 12 км². Особо сильные бедствия народное хозяйство терпит во время аварий при добыче и транспортировке нефти. Даже незначительное содержание ее (0,2–0,4 мг/дм³) придает воде специфический запах, который в течение долгого времени не устраняется никакими способами.

В сточных водах химических предприятий находится много фенолов, которые придают воде резкий, неприятный запах, нарушают биологические процессы. Стоки многих предприятий, а также шахтные и рудничные воды содержат значительное количество цинка и меди. Появившиеся в сточных водах синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) резко ухудшают биохимическую очистительную способность воды. Даже относительно небольшие концентрации этих веществ ведут к прекращению роста водной растительности, усилению неприятного запаха, нередко образуют стойкие скопления пены.

Тепловые и атомные электростанции, потребляющие огромные количества воды и сбрасывающие в водоемы подогретую воду, ведут к тепловому загрязнению водоемов, что нарушает термический, гидрохимический и гидробиологический режимы водных объектов.

Существенный источник загрязнения воды – коммунальное хозяйство населенных пунктов. В составе коммунальных стоков наряду с фекальными водами, которые содержат особо опасные для здоровья человека яйца гельминтов, а также болезнетворные микробы и вирусы, имеется много вредных соединений, сбрасываемых предприятиями пищевой промышленности, автомобильного транспор-

та, общественного питания, торговли. Причем если в настоящее время по количеству отводимых в водные объекты стоков на первом месте стоит промышленность, то в перспективе, при повышении культуры производства и по мере роста благоустройства населенных пунктов и их числа, это соотношение будет изменяться, и количество бытовых сточных вод возрастет. Ливневые стоки с городских территорий, общая площадь которых составляет многие десятки тысяч квадратных километров, включают значительное количество нефти, органических продуктов. В отличие от бытовых и промышленных сточных вод они большей частью не подвергаются очистке. Эти стоки поступают в водоемы в период весеннего снеготаяния и интенсивных и продолжительных дождей.

Оценка антропогенной нагрузки от точечных источников загрязнения является необходимым элементом при организации мониторинга и регулирования негативного воздействия на качество вод водных объектов. Без детального изучения нагрузки невозможно выявление связей между количеством сбрасываемых загрязняющих веществ в составе сточных вод и концентрациями химических веществ в воде.

Существует большое количество подходов к оценке антропогенной нагрузки на водные объекты. Одни оценивают нагрузку только по количеству загрязняющих веществ, вносимых в водный объект сточными водами, другие используют не только количество загрязняющих веществ, поступающих в водный объект, но и площадь водной поверхности. При эколого-экономическом подходе к решению природоохранных проблем антропогенную нагрузку на водоем выражают через сумму экономического ущерба.

Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод были заложены в Государственном гидрологическом институте А.В. Караушевым. При определении антропогенной нагрузки на реки от точечных источников загрязнения целесообразно учитывать как объём сбрасываемых сточных вод с количеством загрязняющих веществ, так и водный сток самой реки, который не остается постоянным. В результате от года к году нагрузка на реки, даже при неизменном объёме сточных вод и количестве загрязняющих веществ, не остается постоянной и зависит от межгодовой изменчивости расходов воды в реке. Возможны не-

благоприятные ситуации на реках, когда при значительном уменьшении объёма водного стока (маловодные годы) антропогенная нагрузка резко возрастает.

Антропогенная нагрузка на реки рассматривается, с одной стороны, как нагрузка сточными водами, а с другой – как нагрузка загрязняющими веществами. Нагрузка реки сточными водами – это величина, характеризующая отношение объёма сточных вод, сбрасываемых в бассейн реки, к стоку реки в этом створе. Нагрузку реки сточными водами (N) представим в следующем виде:

$$N = \frac{q}{Q} \cdot 100 \%,$$

где N – нагрузка сточными водами, %; q – объём сточных вод, сбрасываемых в бассейн реки, км³/год; Q – водный сток реки, км³/год.

Нагрузка сточными водами является необходимой, но недостаточной характеристикой антропогенной нагрузки.

Имея сведения о массе загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах (m_i), представляется возможным рассчитать нагрузку на реку. В данном случае нагрузка определяется как отношение количества загрязняющего вещества в составе сточных вод к водному стоку реки. При таком подходе удастся разложить нагрузку по отдельным составляющим (азотная, фосфорная, сульфатная, хлоридная и т. п.) и оценивать приоритетность той или иной нагрузки для конкретной реки. Нагрузку реки конкретным загрязняющим веществом находим по формуле

$$d_i = \frac{m_i}{Q},$$

где d_i – нагрузка от i -го загрязняющего вещества, т/км³; m_i – масса загрязняющего вещества в составе сточной воды, т/год; $i = 1, 2, \dots, p$ – определенные загрязняющие вещества в сточных водах. Иногда нагрузку удобно выражать в мг/л, чтобы оценивать воздействие точечного источника на качество вод в реке.

Для оценки антропогенной нагрузки по всему спектру загрязняющих веществ целесообразно использовать суммарную нагрузку (D) загрязняющими веществами:

$$D = \sum_{i=1}^p d_i.$$

Наиболее универсальной характеристикой антропогенной нагрузки является нормированная нагрузка k_i от i -го загрязняющего вещества

$$k_i = \frac{d_i}{F_i},$$

где F_i – фоновая концентрация i -го вещества.

Суммарную нормированную нагрузку загрязняющими веществами представим в следующем виде:

$$K = \sum_{i=1}^p k_i.$$

где K – суммарная нормированная нагрузка, безразмерная величина.

Предлагаемый подход позволяет оценивать и сравнивать между собой антропогенную нагрузку от точечных источников загрязнения на реки, расположенные в различных природно-климатических зонах и имеющие широкий диапазон величин водного стока.

Для оценки антропогенной нагрузки по предложенной методике необходимы данные о водном стоке реки, об объёмах сточных вод и о количестве загрязняющих веществ, поступающих в водоток с водосборной территории. О водном стоке рек имеется достоверная информация в гидрологической литературе. Данные об объёмах сточных вод и количестве загрязняющих веществ по каждому водопользователю можно взять только из статистической отчетности по форме № 2-ТП (водхоз). В качестве примера для оценки антропогенной нагрузки использованы 12 рек, отличающихся величиной водного стока (рис. 5.9).

Нагрузка сточными водами. Объём сброса сточных вод по бассейнам рек России распределяется крайне неравномерно. Наибольшее количество сточных вод сбрасывается в бассейн реки Волги и составляет 18 049,3 млн м³/год, а наименьшее – в бассейн Колымы и составляет 90,5 млн м³/год (табл. 5.1). По данным статистической отчетности, объём сточных вод, сбрасываемых в бассейн Волги, составляет 30,2 % от объёма сточных вод, образующихся на всей территории России. В то же время в водные объекты бассейна Оби сбрасывается только 11,2 %, Дона – 7,4 %, Енисея – 5,3 %, Кубани – 5,2 %, Урала – 3,2 %, Терека – 3,1 %.

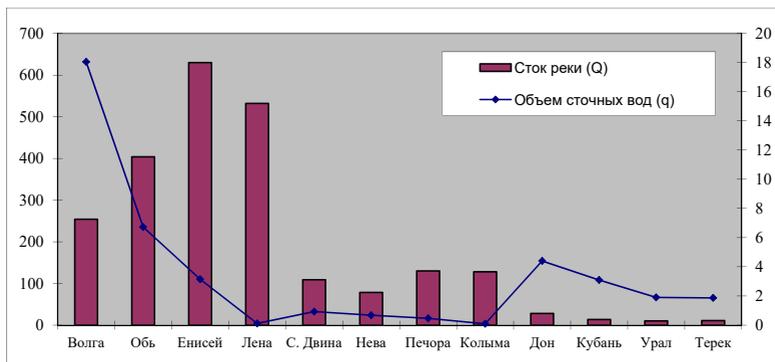


Рис. 5.9. Водный сток рек (Q , км³/год) и объём сточных вод (q , км³/год)

Таблица 5.1

Нагрузка сточными водами (N) рек России

| № п/п | Название реки | Площадь водосбора, тыс. км ² | Водный сток реки, км ³ /год | Объём сточных вод, км ³ /год | Нагрузка сточными водами, % |
|--|---------------|---|--|---|-----------------------------|
| Крупнейшие реки с годовым стоком >200 км ³ /год | | | | | |
| 1 | Волга | 1 360,0 | 254,0 | 18,049 | 7,10 |
| 2 | Обь | 2 990,0 | 404,0 | 6,723 | 1,70 |
| 3 | Енисей | 2 580,0 | 630,0 | 3,146 | 0,50 |
| 4 | Лена | 2 490,0 | 532,0 | 0,117 | 0,02 |
| Крупные реки с годовым стоком >75 км ³ /год | | | | | |
| 5 | Сев. Двина | 357,0 | 109,0 | 0,926 | 0,80 |
| 6 | Нева | 281,0 | 78,5 | 0,679 | 0,90 |
| 7 | Печора | 322,0 | 130,0 | 0,467 | 0,40 |
| 8 | Колыма | 647,0 | 128,0 | 0,091 | 0,07 |
| Средние реки с годовым стоком >10 км ³ /год | | | | | |
| 9 | Дон | 422,0 | 28,1 | 4,401 | 15,70 |
| 10 | Кубань | 57,9 | 13,5 | 3,094 | 22,90 |
| 11 | Урал | 236,0 | 10,1 | 1,902 | 18,80 |
| 12 | Терек | 37,4 | 11,0 | 1,867 | 17,00 |

Среди крупных рек России ($Q > 200 \text{ км}^3/\text{год}$) Волга имеет наименьшую площадь водосборного бассейна и водный сток. Водосборный бассейн Волги меньше: в 2,2 раза, чем бассейн Оби, в 1,9 раза, чем бассейн Енисея, и в 1,8 раза, чем бассейн Лены. Водный сток Волги меньше: в 2,5 раза стока Енисея, в 2,1 раза стока Лены и в 1,6 раза стока Оби. В то же время по объёму сточных вод, сбрасываемых в водотоки и водоемы Волжского бассейна, река Волга занимает первое место. Объём сточных вод, поступающих в бассейн Волги, в 2,7 раза больше, чем в бассейн Оби, в 5,7 раза больше, чем в бассейн Енисея, и в 154 раза больше, чем в бассейн Лены.

Среди рек России наибольшую нагрузку сточными водами испытывают средние реки с годовым стоком более $10 \text{ км}^3/\text{год}$ (табл. 5.1). Например, нагрузка для реки Кубань составляет 22,9 %. Река Кубань занимает самую маленькую (после Терека) площадь водосбора ($57,9 \text{ тыс. км}^2$), имеет самый маленький (после Урала и Терека) водный сток $13,5 \text{ км}^3/\text{год}$, а объём принимаемых ею сточных вод очень велик и составляет $3,09 \text{ км}^3/\text{год}$.

Среди крупнейших рек России с площадью водосбора более 1 млн км^2 и годовым стоком более $200 \text{ км}^3/\text{год}$ река Волга испытывает на себе наибольшую нагрузку сточными водами, которая больше в 4,2 раза, чем на Обь, в 14,2 раза, чем на Енисей, в 355 раз, чем на Лену.

Еще более значительную нагрузку сточными водами (более 30 %) испытывают на себе малые реки, расположенные в черте крупных промышленных городов. Так, малые реки Черниха, Березина, Назаровка, протекающие в черте г. Саратова, превращены в коллекторы сточных вод, а часть Васильевских озер, расположенных в окрестностях г. Тольятти, представляют собой накопители загрязняющих веществ от промышленных предприятий.

Нагрузки загрязняющими веществами. Данные по некоторым загрязняющим веществам, сбрасываемым в реки России, представлены в табл. 5.2. Наибольшее количество загрязняющих веществ поступает в бассейн реки Волги. По данным Госкомстата, в бассейн Волги сбрасывается около 22 млн т загрязняющих веществ, что составляет 20–80 % всего сброса по России. Столь значительный процент поступления загрязняющих веществ со сточными вода-

ми в водотоки и водоемы Волжского бассейна вызывает глубокую озабоченность.

При анализе материалов следует учитывать, что существуют значительные расхождения в данных о количестве сброса загрязняющих веществ в водные объекты по различным литературным источникам. Частично это можно объяснить тем, что существующая система учета и контроля количества и качества сточных вод не обеспечивает получения полной и объективной информации о массе загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами в водные объекты.

Таблица 5.2

Масса веществ в составе сточных вод по бассейнам рек

| Бассейн реки | Хлориды, тыс. т/год | Сульфаты, тыс. т/год | Железо, т/год | Медь, т/год | Цинк, т/год | Нефтепродукты, тыс. т/год |
|--|---------------------|----------------------|---------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Крупнейшие реки с годовым стоком >200 км ³ /год | | | | | | |
| Волга | 1726,0 | 1139,1 | 22 210 | 498 | 463 | 5,56 |
| Обь | 246,5 | 232,6 | 1257 | 35 | 96 | 1,66 |
| Енисей | 300,1 | 125,1 | 516 | 6 | 31 | 0,58 |
| Лена | 1,04 | 2,05 | 18 | 0,06 | 1,6 | 0,04 |
| Крупные реки с годовым стоком >75 км ³ /год | | | | | | |
| Сев. Двина | 35,7 | 34,7 | 25 | 0,3 | 4,4 | 0,13 |
| Нева | 22,0 | 15,7 | 641 | 14 | 56 | 0,39 |
| Печора | 9,64 | 18,6 | 41 | 0,42 | 1,1 | 0,05 |
| Колыма | 0,4 | 0,54 | 5 | 0 | 0 | 0,04 |
| Средние реки с годовым стоком >10 км ³ /год | | | | | | |
| Дон | 250,9 | 503,1 | 389 | 8 | 14 | 0,62 |
| Кубань | 28,4 | 54,0 | 117 | 4 | 17 | 0,11 |
| Урал | 26,4 | 41,5 | 114 | 3 | 32 | 0,10 |
| Терек | 733,0 | 409,5 | 473 | 0,8 | 9 | 0,04 |

Примечание. Данные статистической отчетности за 1995 год.

Результаты расчета индивидуальной (d_i) и суммарной (D) составляющих нагрузки показывают, что река Волга нагружена больше всех крупнейших рек России (Обь, Енисей и Лена) загрязняющими веществами, поступающими в нее со сточными водами. При этом нагрузка неодинакова по различным показателям. Например, нагрузка на реку Волгу больше, чем на реки Обь и Енисей: по нефтепродуктам в 5 и 24 раз; по фенолам в 4 и 8; по сульфатам в 8 и 23; по хлоридам в 11 и 14; по азоту аммонийному в 6 и 62; по железу в 28 и 107, по меди в 23 и 196, по цинку в 8 и 37, по БПК в 4 и 11 раз соответственно.

Среди крупных рек (Северная Двина, Нева, Печора и Колыма) наибольшую нагрузку веществами испытывает река Северная Двина, а наименьшую – река Колыма. Нагрузка на Северную Двину больше, чем на Неву и Печору: по БПК в 1,2 и 26,9 раза; по сульфатам в 1,6 и 2,2; по хлоридам в 1,2 и 4,4; по фенолам в 2,5 и 101 раз соответственно.

Среди средних рек (Дон, Кубань, Урал и Терек) наибольшую нагрузку по большинству показателей испытывает река Терек. Например, нагрузка на реку Терек больше, чем на реку Урал: по БПК в 2,4 раза; по сульфатам в 9,1; по хлоридам в 25,5; по азоту аммонийному в 3,3; по железу в 3,8 раза.

Среди крупнейших рек России ($Q > 200$ км³/год) Волга испытывает самую большую суммарную нагрузку D загрязняющими веществами, которая составляет 12 519,5 т/км³. Для сравнения D на реку Обь составляет 1 417,9 т/км³, на реку Енисей – 737,9 т/км³, на реку Лена – всего 7,1 т/км³. Среди крупных рек ($Q > 75$ км³/год) наибольшую суммарную нагрузку испытывает река Северная Двина (1 070,1 т/км³), а наименьшую – река Колыма (13,8 т/км³). Среди средних рек ($Q > 10$ км³/год) наибольшую нагрузку испытывает река Терек (105 071,9 т/км³), а наименьшую – река Кубань (6 447,0 т/км³).

Таким образом, среди 12 сравниваемых рек России наибольшую нагрузку сточными водами N испытывают средние реки (Кубань, Урал, Терек и Дон), а Волга занимает лишь 5-е место. Если сравнивать суммарную нагрузку загрязняющими веществами D , то река Волга уже занимает 3-е место после рек Терек и Дон. Следовательно, сточные воды, сбрасываемые в Волгу, гораздо сильнее загрязнены,

чем сточные воды сбрасываемые в реки Урал и Кубань. Если сравнивать по нормированной суммарной нагрузке K загрязняющими веществами, то река Волга выходит на 1-е место среди всех рек России, что свидетельствует о повышенной токсичности сбрасываемых в неё сточных вод.

Полученные результаты позволяют уточнить и детализировать сделанные ранее выводы о том, что среднегодовая токсическая нагрузка на экосистемы Волги в 6 раз превосходит нагрузку на водные экосистемы других регионов страны.

Совершенно очевидно, что в первую очередь для Волжского бассейна в целом и его регионов необходимо разрабатывать детальные программы поэтапного снижения антропогенной нагрузки от точечных источников загрязнения и реальные административно-правовые и экономические механизмы их реализации.

В связи с этим необходимо усилить наблюдение и ужесточить контроль за объёмами и качеством сточных вод зарегистрированных водопользователей, продолжить инвентаризацию точечных источников загрязнения, обратив особое внимание на сброс ливневых сточных вод. Совершенно очевидно, что по мере улучшения изученности точечных источников загрязнения водных объектов повысится достоверность оценок об антропогенной нагрузке.

Проведенные исследования показывают, что все водотоки России испытывают различную антропогенную нагрузку от точечных источников загрязнения, и это обстоятельство необходимо учитывать при нормировании сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

5.2.3. Диффузные источники загрязнения

Одним из значительных источников загрязнения вод России является сельское хозяйство. Например, в структуре земельного фонда Самарской области, составляющего 5356,5 га, наибольший удельный вес занимают земли сельскохозяйственного назначения (рис. 5.10) – 75,93 % (4 067,4 га) и земли лесного фонда (рис. 5.11) – 10,30 % (551,5 га). На долю земель населенных пунктов приходится 6,71 % (359,6 га), земель промышленности, транспорта и иного специального назначения – 1,33 % (71,5 га), земель особо охраняемых территорий – 2,60 % (138,8 га). Водный фонд области включает поверх-

ностные водные объекты, а также земли, выделенные под полосы отвода гидротехнических и иных сооружений, необходимые для использования водных объектов, и составляет 3,12 % (167,4 га). На долю земель запаса приходится 0,01 % территории области (0,3 га).



Рис. 5.10. Земли сельхозназначения

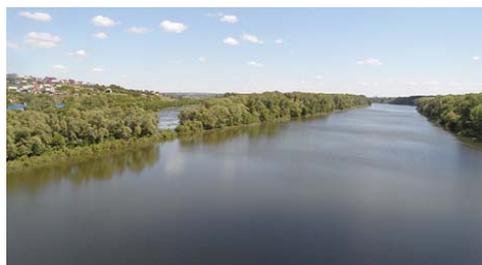


Рис. 5.11. Земли лесного фонда

Площадь сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения составляет 3 795,5 тыс. га, в том числе: пашни – 2 856,9, залежь – 105,3, многолетние насаждения – 27,8, сенокосы – 50,5 и пастбища – 755 тыс. га. В последние годы активизировались работы по вводу в оборот ранее не используемой пашни, что способствует увеличению посевных площадей сельхозкультур.

Основными загрязняющими ингредиентами в поверхностном стоке с сельскохозяйственных угодий выступают частицы почвы, органическое вещество (гумус), удобрения и пестициды, вредные микроорганизмы. В последние годы активизировалось применение минеральных удобрений. По данным органов управления сельским хозяйством муниципальных районов, под урожай 2016 года внесено более 47 кг минеральных удобрений в действующем веществе на

1 га удобренной площади. Общая удобренная площадь сельхозкультур составила более 560 тыс. га. Поддержание плодородия пашни возможно за счет внесения органических удобрений, оставления более высокой стерни зерновых, заправки части побочной продукции культур, освоения новых агротехнических приемов. На посевах сельскохозяйственных культур ежегодно распространяются вредители, болезни и сорная растительность. Из внесенных на склоновые земли удобрений вымывается до 20 % азота, 2–5 % фосфора и 10–70 % калия. Вынос пестицидов с богарных земель достигает 3 %, с орошаемых земель – до 4 % от внесенного количества.

Поскольку стоки с полей невозможно пропустить через очистные сооружения, опасность загрязнения вод удобрениями и пестицидами трудно переоценить. Биогенные вещества способствуют эвтрофированию водных объектов, интенсивному цветению воды и приводят к нарушению процессов самоочищения.

Животноводческие комплексы и фермы (рис. 5.12–5.13), как правило, располагаются на берегах водоемов и рек. При отсутствии жижеборников и навозохранилищ их отходы смываются ливневыми стоками или спускаются в водные объекты. Эти отходы содержат яйца гельминтов и патогенные микроорганизмы.

В России и странах ближнего зарубежья животноводческие комплексы и фермы спускают в водоемы более 1 млрд м³ отходов, что соответствует по степени загрязнения биогенными элементами количеству бытовых вод от городов с суммарной численностью населения около 300 млн человек.



Рис. 5.12. Птицеводческая ферма



Рис. 5.13. Скотоводческая ферма

Водный транспорт представляет угрозу для чистоты вод в случае прямого сброса в них отходов и особенно подсланевых вод, сильно загрязненных нефтепродуктами. Значительное количество нефти попадает в водные объекты при перевозке ее танкерами, сливании балластной воды, которой заполняются танкеры для придания им устойчивости во время холостых ходов и которую нередко сбрасывают в водоемы, чтобы не терять время на станциях промывки. Аварии же танкеров приводят к неисчислимым бедствиям, губят флору и фауну, нарушают условия водоснабжения населенных пунктов и исключают на длительные сроки возможность использования пляжей.

Многие реки России и стран ближнего зарубежья, преимущественно на севере и в горных районах, загрязняются при сплаве леса, прежде всего на тех участках, где имеется молевой сплав. До 10 % бревен тонут и остаются лежать на дне. На дно же оседает кора, сдирающаяся с бревен при их ударах о камни, друг о друга и о берега. Затонувшая древесина медленно разлагается, поглощает кислород и отравляет воду фенолами и другими вредными веществами. Особенно большой ущерб молевой лесосплав наносит рыбному хозяйству, разрушая нерестилища и травмируя рыбу и кормовые организмы.

Такой источник загрязнения водных объектов, как осадки атмосферы, содержит промышленные выбросы. Ежегодно в атмосферу Земли поступает более 50 млн т оксидов азота, 200 млн т оксида углерода, около 150 млн т диоксида серы, 200–225 млн т пыли и 120 млн т золы. Твердые частицы перемещаются воздушными потоками на большие расстояния и нередко выпадают непосредственно на водную поверхность. Газообразные выбросы, растворяясь

в атмосферной влаге, выпадают на поверхность Земли в виде кислотных дождей иногда на расстоянии многих сотен километров от мест их зарождения. От них особенно сильно страдают озёра и леса.

В ряде районов водные объекты загрязняются несанкционированными свалками мусора (рис. 5.14), а также при добыче полезных ископаемых в водоохранной зоне (рис. 5.15) и при торфоразработках. За последние десятилетия существенным источником загрязнения рек и водоемов стала рекреация, особенно такие ее виды, как массовое купание и маломерный флот. Всё большую роль в загрязнении водоемов и водотоков играет гидротехническое строительство. Зарегулирование стока рек и создание водохранилищ привело к значительному замедлению водообмена, в частности в Волге примерно в 10 раз. Уменьшение скорости водообмена явилось одной из причин массового развития сине-зеленых водорослей, цветения воды.



Рис. 5.14. Несанкционированные свалки



Рис. 5.15. Добыча песка в пойме реки

Среди подземных вод в наибольшей степени от загрязнения страдают грунтовые, поскольку артезианские водные горизонты, перекрытые водоупорными породами, находятся в более благоприятных условиях.

Отмечается как бактериальное, так и химическое загрязнение подземных вод. Основными источниками бактериального загрязнения подземных вод служат поля ассенизации и фильтрации, скотные дворы, разного рода выгребные ямы, неисправные канализационные сети. В случае перекрытия источника загрязнения самоочищение бактериально загрязненных вод происходит очень быстро.

Химическому загрязнению подземные воды подвергаются вследствие воздействия сточных вод промышленных предприятий, которые фильтруются в подземные горизонты из разного рода прудов-отстойников, прудов-накопителей, прудов-испарителей, шламовых прудов, а также из хвостохранилищ, золоотвалов и т. п. Немало загрязняющих веществ поступает в подземные воды с атмосферными осадками, выпадающими на территории, на которых находятся хранилища отходов химических предприятий, склады сырья и готовой химической продукции, на загрязненные территории различных промышленных предприятий или сельскохозяйственные поля, где широко применяются удобрения и ядохимикаты. Нередко поставщиком загрязняющих веществ являются минерализованные подземные воды. Загрязнение подземных вод также происходит в районах добычи полезных ископаемых.

Проникновение и распространение химического загрязнения в меньшей степени, чем бактериального, определяется свойствами горных пород, через которые фильтруются загрязненные растворы. Самоочищение подземных вод от химических загрязнений, особенно от нефтепродуктов, происходит очень медленно, и может длиться от 2 дней до 2 месяцев. В последние десятилетия наблюдается учащение глобальных масштабов эвтрофирования.

Тема 5.3. Антропогенные изменения водных ресурсов

В результате воздействия антропогенной нагрузки от точечных и диффузных источников загрязнения наблюдается эвтрофикация, загрязнение, истощение и деградация водных объектов.

5.3.1. Эвтрофикация водных объектов

В средних широтах недобрую известность приобрело цветение воды в результате массового размножения отдельных видов сине-зеленых водорослей, в первую очередь Анабена и Микроцистис. В результате их избыточного развития резко падает кислородная продуктивность клеток, усиливаются процессы разложения, накапливаются органические вещества и продукты их распада, в том числе и токсичные. Отмирание водорослей приводит к вторичному биологическому загрязнению водоемов и существенному ухудшению качества воды, что вредно сказывается на жизнедеятельности животных и человека. В местах скопления больших масс сине-зеленых водорослей, в особенности в заливах и бухтах, возникают локальные заморы, вызывающие массовую гибель молоди рыб. Наряду с помехами в водоснабжении (в ФРГ на 30 % систем) и ухудшением качества воды существенно затрудняется, а подчас и исключается рекреационное использование водных объектов.

В 60-х годах нашего века к проблеме цветения воды было привлечено особо пристальное внимание в связи с массовым вступлением в эксплуатацию водохранилищ, характеризующихся замедленным течением и замедленным водообменом. В исследовании этого феномена приняли участие десятки научно-исследовательских институтов во главе с Институтом гидробиологии Академии наук Украинской ССР. Работы проводились под руководством профессора Л.А. Сиренко (1978). На основании широких исследований в стране и обобщения мировой литературы было установлено, что наиболее интенсивное цветение, так называемая вспышка трюфии, характерна для водохранилищ в первые 3–4 года их существования. В это время протекают процессы выщелачивания биогенных элементов из затопленных почв и перегнивающей растительности ложа водохранилищ. В последующие годы в условиях слабого антропогенного

пресса цветение воды по мере становления водохранилища обычно ослабевает. Исследования показали, что цветение характерно для всех водных объектов. Однако в реках в связи со значительным течением и турбулентным перемешиванием воды эти процессы менее выражены, хотя в них также наблюдается заиливание и ухудшение кислородного режима. В наиболее чистом виде влияние эвтрофирования на цветение воды прослеживается в озерах, не испытавших каких-либо изменений гидродинамических характеристик. Так, озеро Эри в США, существующее около 12 000 лет, подверглось усиленному цветению лишь во второй половине XX в. С 1927 г. количество экземпляров водорослей в единице объёма воды возросло в 25 раз. На поверхности озера отмечались скопления водорослей протяженностью до 46 км и шириной до 2 км. Массовое развитие водорослей отмечается во многих озерах земного шара, даже в высокогорных озерах Швейцарии и озерах Швеции и России, расположенных в северных широтах.

По степени развития водорослей выделяют пять стадий:

- 1 стадия – до наступления цветения воды при биомассе до $2,5 \text{ г/м}^3$;
- 2 стадия – начальная стадия цветения, $2,5\text{--}10 \text{ г/м}^3$;
- 3 стадия – умеренная стадия цветения, $10\text{--}500 \text{ г/м}^3$;
- 4 стадия – интенсивная степень цветения, $500\text{--}5000 \text{ г/м}^3$;
- 5 стадия – гиперцветение, более 5000 г/м^3 .

Считают, что резко отрицательные явления в водоеме наступают начиная с четвертой стадии. На начальных этапах своего развития сине-зеленые водоросли являются важными продуцентами кислорода, а также оказывают существенное положительное влияние на процессы самоочищения в водоеме за счет интенсивного поглощения из воды органического углерода.

Итак, мы видим, что избыточное цветение – биологический сигнал неблагополучия в гидросфере, свидетельствующий о накоплении органических веществ и создании условий для вторичного загрязнения и дальнейшего эвтрофирования водоемов у берега (рис. 5.16) и в русле (рис. 5.17) или цветения воды.



Рис. 5.16. Цветение воды у берега

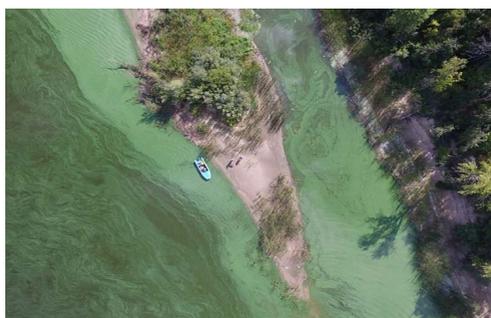


Рис. 5.17. Цветение воды в акватории

Мероприятия по борьбе с эвтрофированием можно разделить на две группы: профилактические и регулирующие. Среди профилактических важнейшее значение имеет осуществление всего водоохранного комплекса по защите водных объектов от загрязнения, истощения и чрезмерного эвтрофирования. Среди регулирующих следует назвать необходимость изменения некоторых гидрологических и физических характеристик водоема, в первую очередь проточности и скорости течения, турбулентности, водообмена, мутности, температуры воды. Все эти характеристики поддаются учету и управлению при разработке проектов водохранилищ и режимов работы гидроэлектростанций.

Значительный эффект могут дать также различные химические и физико-химические методы, использование вирусов и внутриклеточных паразитов водорослей, акклиматизация растительноядных рыб. Существенное влияние на улучшение качества воды может

оказать изъятие из водоемов их биологической продукции: рыбы, водорослей, высших водных растений, а в перспективе и запасов органического и минерального сырья донных отложений. Опытными работами установлено, что вполне реальным мероприятием по устранению отрицательных последствий цветения воды служит гидромеханическое удаление плотных скоплений водорослевых масс из поверхностного горизонта воды толщиной до 30 см. В состав изымаемой из водоема массы, называемой сестонем, входят сине-зеленые водоросли, сопровождающие их бактерии, детрит, зоопланктон и растворенное органическое вещество.

Проведенные исследования показали, что сестон может рассматриваться как ценный вид сырья, представляющий интерес для кормового и технического использования, в частности для получения богатых белком кормовых веществ, ценных аминокислот, углеводов, хлорофилл-каротиновой пасты, эфирных масел и других продуктов. Основной вывод, который сделали исследователи, в формулировке Л.А. Сиренко гласит: современное состояние водных ресурсов, продолжающееся во всё более усиливающихся масштабах эвтрофирование и загрязнение приводят к тому, что даже осуществление полного комплекса водоохраных мероприятий в ряде случаев уже не в состоянии будет устранить возникшие необратимые нарушения экологического равновесия и сбалансировать приток и отток вещества и энергии без включения человека в биотический круговорот водных экосистем как потребителя не только водных запасов и рыбы, но и других, непривычных для континентальных водоемов видов биологической продукции, создаваемой различными трофическими уровнями водных экосистем.

Иными словами, человеческое общество, если оно хочет сохранить водные ресурсы в надлежащем качестве, должно включиться в биотический круговорот биосферы.

5.3.2. Истощение водных объектов

Истощение водных объектов — уменьшение стока поверхностных вод ниже минимально допустимого или сокращение запасов подземных вод. Минимально допустимый сток представляет собой экологический сток, который предназначен для сохранения устой-

чивости водной экосистемы. Изъятие воды из водного объекта для хозяйственных целей может привести к ухудшению его состояния. Если величина изъятия воды не приводит к снижению объёмов воды меньше экологически допустимых пределов, то воздействие обратимо и устойчивость экосистемы существенно не нарушается, то есть на водный объект оказано допустимое воздействие. В противном случае воздействие становится необратимым, т. е. происходит истощение водных ресурсов. Особенно остро эта проблема стоит в регионах, испытывающих дефицит воды, например на юге Саратовской области, в бассейне трансграничных рек Большой Узень (рис. 5.18) и Малый Узень (рис. 5.19).



Рис. 5.18. Верховье р. Малый Узень



Рис. 5.19. Верховье р. Большой Узень

Истощение водных объектов может быть связано со следующими причинами:

- с непосредственным изъятием воды для целей водопотребления;
- изменением режима стока или изменением условий формирования стока на водосборной площади.

Водопотребление из водного объекта непосредственно снижает объём водных ресурсов на величину безвозвратного водопотребления, что приводит к целому ряду негативных последствий, в частности:

- увеличивается загрязненность воды (объём веществ, поступающий с водосборной площади, остается прежним или увеличивается, а объём речного стока снижается за счет безвозвратного водопотребления, что приводит к росту концентрации загрязнителей);
- снижаются уровни воды, что увеличивает относительную площадь мелководий, которая начинает зарастать;
- уменьшается биомасса гидробионтов, так как она функционально связана с объёмом жизненного пространства;
- снижается транспортирующая способность воды в реке, что ведет к заилению.

Косвенное истощение водных объектов связано, например, с увеличением сельскохозяйственных площадей, которое приводит к изменению составляющих водного баланса на водосборной площади.

Существенно увеличивается величина суммарного испарения, что в основном и определяет снижение объёмов воды, питающей водный объект. Использование воды из подземных горизонтов, гидравлически связанных с поверхностным водным объектом, приводит к снижению запасов подземных водоносных горизонтов (прямое воздействие) и оказывает косвенное влияние на истощение поверхностного водного объекта.

5.3.3. Загрязнение водных объектов

Особенно негативное влияние на реки, озёра и моря оказывает загрязнение вод. Большинство рек, протекающих в экономически развитых районах, загрязнены в той или иной степени промышленными и коммунально-бытовыми сточными водами (рис. 5.20), стоками с животноводческих ферм (рис. 5.21), сельскохозяйствен-

ных полей. Загрязняют реки также водный транспорт, атмосферные выбросы промышленных предприятий, добыча полезных ископаемых, массовый неорганизованный отдых, особенно связанный с использованием маломерного флота.



Рис. 5.20. Точечное загрязнение



Рис. 5.21. Диффузное загрязнение

Ко всем указанным причинам обострения водных проблем следует добавить возрастающую и усложняющуюся взаимосвязь региональных водных проблем, необходимость обеспечения оптимального гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режима внутренних морей. Немалые сложности создают и противоречия, имеющие место при решении и взаимной увязке задач текущих и отдаленной перспективы. Кроме того, современные методы решения водохозяйственных проблем, такие как зарегулирование стока, его территориальное перераспределение, выдвигают в свою очередь множество не только технических, но и других, прежде всего экологических и экономических проблем.

Охрана водных ресурсов заключается в запрещении сброса в водоемы и водотоки неочищенных сточных вод, создании водоохраных зон, содействии процессам самоочищения в водных объектах, сохранении и улучшении условий формирования поверхностного и подземного стока на водосборах, в разработке и внедрении эффективных методов очистки и доочистки сточных вод и обезвреживании водопроводной воды.

Большая работа в области охраны вод от загрязнения привела к тому, что несмотря на непрерывно растущий объём производства промышленной и сельскохозяйственной продукции при росте коммунального водопотребления стабилизирована степень загрязнения в бассейнах некоторых рек и озер и на ряде участков качество вод улучшилось. Однако в целом положение продолжает оставаться тяжелым, хотя на многих предприятиях очистке и доочистке сточных вод уделяется больше внимания. Особенно высоки затраты на водоснабжение, очистку и отведение стоков в целлюлозно-бумажной, горнодобывающей и нефтехимической промышленности.

Последовательная очистка сточных вод на современных предприятиях предполагает проведение первичной, механической очистки (удаляются легко осаждающиеся и всплывающие вещества) и вторичной, биологической (удаляются биологически разрушающиеся органические вещества). При этом осуществляются следующие операции: коагуляция — для осаждения взвешенных и коллоидных веществ, а также фосфора; адсорбция — с целью удаления растворенных органических веществ; электролиз — для снижения содержания растворенных веществ органического и минерального происхождения. Обеззараживание сточных вод проводится посредством их хлорирования и озонирования. Важный элемент технологического процесса очистки — удаление и обеззараживание образующегося осадка. В некоторых случаях заключительной операцией является дистилляция воды.

Наиболее совершенные современные очистные сооружения обеспечивают освобождение сточных вод от органических загрязнений только на 85–90 % и лишь в отдельных случаях — на 95 %. Поэтому и после очистки необходимо 6–12-кратное, а часто и большее разбавление их чистой водой для сохранения нормальной жиз-

недеятельности водных экосистем. Дело в том, что естественная самоочищающая способность водоемов и водотоков очень незначительна. Самоочищение наступает только в том случае, если сбрасываемые воды прошли полную очистку, а в водном объекте они были разбавлены чистой водой в соотношении 1:(12–15). Если же в водотоки и водоемы сточные воды поступают в большом объеме, а тем более и неочищенными, постепенно теряется устойчивое природное равновесие водных экосистем, нарушается их нормальное функционирование.

В последнее время разрабатываются и внедряются всё более эффективные методы очистки и доочистки сточных вод после их биологической очистки с применением новейших способов обработки стоков: радиационных, электрохимических, сорбционных, магнитных и др. Совершенствование технологии очистки сточных вод, дальнейшее повышение степени очистки – важнейшие задачи в области охраны вод от загрязнения.

Проблемы очистки, уменьшения поступления сточных вод в водоемы, снижения водопотребления тесно связаны и должны решаться совместно и одновременно. В ряде городов России и стран ближнего зарубежья доля промышленных вод в городских сточных водах достигает 70 % и более. Поэтому в первую очередь следует изыскать способ снижения водопотребления и водоотведения на промышленных предприятиях. Генеральными направлениями в решении этой проблемы являются создание предприятий с безотходной технологией и поиск путей создания таких территориально-производственных комплексов, в которых отходы одного предприятия служили бы сырьем для другого. Уже сегодня на обогатительных фабриках калийной промышленности, расположенных в районе Березников (Пермский край), предложено использовать для получения поваренной соли галитовые отходы, складирование которых создает постоянную угрозу загрязнению бассейна р. Камы. Ряд предприятий в значительной мере приближаются по своей технологии к безотходным. Переходным этапом служит применение бессточной технологии, когда вода, находящаяся в оборотном водоснабжении, используется многократно и систематически очищается от загрязняющих веществ. В среднем в промышленности

водооборот составляет около 75 % от общего потребления воды; в черной металлургии, нефтепереработке и нефтехимии доля воды, находящейся в оборотном водоснабжении, превысила 80 %, а на некоторых предприятиях достигла 98 %. В коммунальном хозяйстве страны наблюдается обратная картина. Предполагается, что в обозримой перспективе объём коммунально-бытовых сточных вод возрастет в 7–8 раз, поэтому вовлечение их в оборотное водоснабжение как для технического водоснабжения промышленных предприятий, так и для коммунальных целей становится важной народнохозяйственной проблемой.

Шире, чем сегодня, следует применять доочистку несильно загрязненных сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения (ЗПО). При этом устраняются дополнительные затраты на их индустриальную доочистку, создается возможность получать дополнительную сельскохозяйственную продукцию, значительно экономить воду, так как уменьшается забор воды для орошения и отпадает необходимость в расходовании ее для разбавления сточных вод. При использовании на ЗПО содержащиеся в городских сточных водах питательные вещества и микроорганизмы усваиваются растениями быстрее и полнее, чем искусственные минеральные удобрения.

К числу важных народнохозяйственных задач относится предотвращение загрязнения водоемов пестицидами и ядохимикатами. Для этого требуется ускорить проведение противоэрозионных мероприятий, создать пестициды, которые разлагались бы в течение 1–3 недель без сохранения остатков в культуре. До решения же этих вопросов необходимо ограничить сельскохозяйственное использование прибрежных зон вдоль водотоков или не применять на них пестициды. Большого внимания требует создание водоохраных зон.

В защите водных источников от загрязнения важное значение имеют: 1) введение адекватной платы за сброс сточных вод; 2) создание комплексных районных схем водопотребления, водоотведения и очистки сточных вод; 3) автоматизация контроля за качеством воды в водоисточниках и разработка методов управления качеством воды. Следует отметить, что комплексные районные схемы позволяют перейти к повторному и многократному использованию вод, эксплуатации общих для района очистных сооружений, а также автоматизировать процессы управления работой водопровода и канализации.

Загрязнение вод – привнесение в среду или образование в ней физических, химических или биологических агентов либо превышение за рассматриваемое время естественного среднесреднего уровня концентрации перечисленных агентов, неблагоприятно воздействующих на среду жизни или наносящих урон материальным ценностям.

Загрязняющие вещества могут быть биогенными (свойственные природным водам вещества, которые необходимы живым организмам для питания и построения своего тела, например: азот, калий, кальций, фосфор, магний, цинк, медь и др.) и небиогенными, поступающими в водные объекты со сточными водами промышленных и сельскохозяйственных предприятий, коммунально-бытового хозяйства. К ним относятся, например, ртуть, свинец, стронций, кадмий, радиоактивные вещества и др.

В зависимости от поступающего вещества загрязненность водного объекта определяется по-разному.

Поступление любого количества небиогенных веществ в воду вызывает их загрязнение:

- допустимое поступление, если их концентрация C в воде не превышает предельно допустимые нормы (ПДК);
- недопустимое поступление (что и принято называть загрязнением), если $C > \text{ПДК}$.

При оценке загрязненности биогенными веществами учитываются естественные (фоновые) концентрации веществ – $C_{\text{ф}}$. Если концентрация биогенного вещества меньше фоновых значений ($C \leq C_{\text{ф}}$) – загрязнения нет. Загрязнение считается допустимым в случае $C_{\text{ф}} < C \leq \text{ПДК}$ (в ряде случаев естественные фоновые концентрации $C_{\text{ф}}$ могут быть больше ПДК, тогда для водной экосистемы загрязнения не происходит, если $\text{ПДК} < C \leq C_{\text{ф}}$, однако по условиям использования воды для нужд человека она считается загрязненной). Загрязнение недопустимое (или сверхнормативное), если $\text{ПДК} < C$. Различают химическое, физическое и биологическое загрязнение.

Химическое загрязнение – изменение естественных химических свойств среды за счет увеличения в ней вредных минеральных примесей и примесей органической природы. Химическое загрязне-

ние влияет на процессы фотосинтеза водных растений, делает воду непригодной для жизнеобитания рыб и использования человеком. Основными минеральными загрязнителями являются соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора, неорганические кислоты и основания. К органическим загрязнителям относятся такие вещества, как нефтепродукты, поверхностно-активные вещества (ПАВ), синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), пестициды. Они, как и минеральные загрязнители, оказывают существенное влияние на состояние водных объектов. Например, осажаясь на дне, задерживают развитие донных микроорганизмов (бентоса), участвующих в процессе самоочищения вод. Разложение органических веществ, особенно в анаэробных условиях, ведет к образованию вредных соединений, таких как сероводород, метан; причем их разложение снижает содержание растворенного в воде кислорода, необходимого для водных организмов. Органическое загрязнение ухудшает органолептические свойства воды, необходимые для фотосинтеза растений, в частности, уменьшается прозрачность, что снижает проникновение солнечных лучей в водную толщу. ПАВ, к которым относятся жиры, масла, смазочные материалы, и СПАВ (обширная группа соединений: соли сернокислых эфиров и сульфокислот, аммониевые соли, эмульгаторы, входящие в состав инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и дефолиантов) образуют на поверхности воды пленку, которая препятствует газообмену между водой и атмосферой, что снижает степень насыщенности воды кислородом. Загрязняющие вещества представляют опасность для живых организмов, степень которой зависит и от вида организма, и от самого загрязнителя.

Физическое загрязнение — изменение физических параметров среды. Физическое загрязнение делится на механическое, тепловое и радиационное.

Механическое загрязнение связано с поступлением в воду твердых взвешенных веществ, которые повышают мутность, снижаются прозрачность, что уменьшает толщину воды, в которой развиваются водные растительные организмы. Взвешенные вещества забивают дыхательные пути животных организмов, осажаясь на дне, ухудшают условия обитания бентоса.

Тепловое загрязнение связано с поступлением теплых сбросных вод от электростанций, промышленности и коммунально-бытового хозяйства. Это вызывает ускорение процессов разложения органики, снижение содержания растворенного кислорода, увеличение биомассы сине-зеленых водорослей. Изменение температурного режима сопровождается ухудшением условий перезимовки организмов и активизацией процессов вторичного загрязнения вод.

Радиационное загрязнение вод происходит в результате поступления в них радиоактивных веществ. Радионуклиды могут попасть в водный объект:

- со сточными водами в случае захоронения отходов на дне водного объекта;
- при вымыве радионуклидов поверхностным и грунтовым стоком с зараженной площади водосбора;
- в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами или местами захоронений радиоактивных отходов.

В водном объекте радиоактивные вещества поглощаются гидробионтами (растениями и животными) непосредственно из воды и передаются по пищевой цепи: водоросли → зоопланктон → организм моллюсков, ракообразных и рыб. Радиация приводит к ослаблению организма, замедлению роста, снижению воспроизводства, поражению генов, что проявляется во втором или третьем поколениях. Радионуклиды способны накапливаться в водных объектах, вызывая необратимые эффекты. Наиболее вредны радиоактивные элементы с большим периодом распада, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (стронций-90, уран, радий-226, цезий и др.).

Биологическое загрязнение — привнесение в среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов. Биологическое загрязнение может быть разделено на микробное (или бактериологическое), ботаническое и зоологическое. Бактериологическое загрязнение вызывают главным образом бытовые сточные воды и стоки некоторых промышленных предприятий (бойни, кожевенные заводы, фабрики первичной обработки шерсти, меховые производства, биофабрики, предприятия микробиологической промышленности

и др.), а также стоки животноводства. Ботаническое и зоологическое загрязнение связано с появлением в водных объектах несвойственных им видов растительных и животных организмов, которые создают сильную конкуренцию благородным видам, вытесняя их. Это ведет к нарушению пищевых цепей, снижению видового состава и устойчивости водных экосистем.

Загрязнение считается:

- первичным при поступлении в водные объекты загрязняющих веществ извне;
- вторичным, если оно является результатом превращения внесенных ранее загрязняющих веществ, массового развития организмов или разложения мертвой биологической массы, то есть происходит за счет внутриводоемных процессов.

При вторичном загрязнении биохимические реакции связаны с процессами десорбции веществ из донного грунта в воду или минерализации мертвого органического вещества. Десорбция веществ донным грунтом является процессом противоположным сорбции, в результате которого вещества из воды поглощаются грунтом. Два данных процесса разграничиваются состоянием гидрохимического равновесия, которое может смещаться в ту или другую сторону, например, при изменении температурных условий. Повышение температуры приводит к снижению сорбционной способности грунтов, при снижении температуры сорбция повышается.

Мертвое органическое вещество подвергается минерализации, в результате чего оно разлагается на минеральные составляющие, углекислый газ и воду. Скорость разложения зависит от многих факторов, в том числе от температуры воды и содержания растворенного кислорода.

При нулевой температуре, температуре замерзания пресной воды разложение практически прекращается. Повышение температуры до +3...+4 °С приводит к резкому увеличению скорости разложения. Дальнейшее повышение температуры сопровождается относительно равномерным увеличением скорости разложения органики. Влияние растворенного в воде кислорода на скорость разложения имеет несколько иной вид. Связано это с тем, что при практически полном отсутствии кислорода в воде разложение происходит в анаэробных условиях в результате протекания процессов

гниения и брожения. Повышение концентрации растворенного кислорода приводит к возрастанию роли аэробных процессов, которые характеризуются более высокой, чем анаэробные, интенсивностью разложения. Скорости разложения максимальные при содержании кислорода на уровне предела насыщения.

Таким образом, при увеличении температуры воды и содержания в ней растворенного кислорода активно протекают процессы самоочищения воды от органических веществ, но это приводит к вторичному загрязнению воды минеральными загрязнителями.

Тысячелетиями люди использовали реки, озёра, моря для сброса в них загрязненных сточных вод, и практически повсеместно до начала XX в. это не вызывало особого беспокойства. Солнце, воздух, микроорганизмы и растворенный в воде кислород обеспечивали самоочищение водных объектов. Всего несколько десятилетий назад загрязненные воды ниже какого-либо города на берегу реки через 20–30 км становились чистыми и забирались водозаборами другого, расположенного ниже по течению населенного пункта. Однако рост городов, бурное развитие промышленности, в особенности химической, энергетики, водного транспорта, увеличение добычи полезных ископаемых, площадей орошаемых земель вели с каждым годом ко все большему загрязнению вод. Загрязненными оказались не только ручьи, небольшие реки и озера, но и моря, и даже океаны.

В заключение необходимо подчеркнуть, что одной из радикальных мер борьбы с загрязнением служит преодоление укоренившейся традиции рассматривать водные объекты в качестве приёмников сточных вод.

5.3.4. Засорение водных объектов

Засорение водных объектов — это поступление в водные объекты трудно разлагаемых предметов, ухудшающих состояние и затрудняющих использование водных объектов.

Засорение водных объектов вызывает:

- ухудшение состояния водного объекта из-за влияния мусора на условия обитания водных организмов, создания препятствий на пути миграции животных организмов. Большая часть предметов, поступающих в виде мусора, выделяет в воду загрязняющие веще-

ства. Например, затонувшая при лесосплаве древесина выделяет в воду ряд биогенных веществ;

- образование заторов у мостовых переходов (рис. 5.22), разрушение земляных плотин (рис. 5.23) в период прохождения весеннего половодья или летних паводков и переработку берегов;
- ухудшение условий водопользования и водопотребления (засорение приводит к потере рекреационной ценности, к невозможности судоходства и лесосплава, удорожанию водозабора и т. д.);
- деградацию водных объектов (заторы снижают скорость потока воды, что вызывает заиление, зарастание водных объектов и может активизировать процессы болотообразования).



Рис. 5.22. Образование заторов



Рис. 5.23. Разрушение земляных плотин

5.3.5. Дегградация водных экосистем

Дегградация – процесс ухудшения характеристик объекта с течением времени. Масштабное и прогрессирующее ухудшение характеристик водного объекта (снижение качества воды, снижение биопродуктивности, в том числе и рыбопродуктивности, заиление, зарастание) связано с антропогенной деятельностью. Качественные закономерности, характеризующие особенности поведения экосистем в процессе дегградации, могут быть выражены тремя постулатами:

- 1) структура экосистемы изменяется быстрее, чем видовой состав;
- 2) функциональная активность экосистемы (внешнее проявление ее свойств) меняется медленнее, чем изменяется видовой состав, и еще медленнее, чем структура. При обеднении видового состава экосистемы ресурсы среды обитания распределяются между оставшимися популяциями, которые полнее реализуют свой биотический потенциал (способность вида противостоять неблагоприятным воздействиям внешней среды). Это ведет к увеличению численности уцелевших популяций. Данный механизм позволяет экосистеме сохранять внутренние параметры состояния и относительно медленно трансформировать функционирование;
- 3) надежность функционирования экосистемы (экологическая упругость) сохраняется даже при изменении (до определенного предела) видового состава и структуры.

Рассмотрим состояния экосистемы, находящейся на различных стадиях дегградации.

Неповрежденная экосистема характеризуется стабильным видовым составом, структурой и функционированием.

Первая стадия разрушения (стадия релаксации) – потеря 20–40 % видового состава и разрыв 40–60 % исходного числа связей. Функциональная активность изменяется несущественно (28 %), что позволяет экосистеме сохранять устойчивость. Темпы разрушения структуры вдвое превышают темпы изменения видового состава экосистемы, а темпы снижения функциональной активности на 40 % от них отстают. Восстановление звеньев, утерянных на этой стадии разрушения, еще существенно не перестраивает экосистему, т. е. изменения в ней обратимы. Экосистема находится в ква-

зистойчивом состоянии, соответствующем темпам когерентной (постепенной) эволюции, при которой прежние виды плавно вытесняются новыми, более приспособленными к изменившимся условиям среды.

В период релаксации экосистемы под воздействием человека происходит выпадение ряда видов. Однако система в целом и на уровне трофических группировок существенно не изменяет свою пейзажность и величины, характеризующие скорость новообразования органического вещества. Внешне система кажется мало измененной, но заметно снижаются ее сопротивляемость и иммунитет к загрязнению, возрастает вероятность «заболевания».

Вторая стадия разрушения (стадия вырождения, или деволюции) – существенное обеднение видового состава (40–100 %), дальнейший разрыв структурных связей (60–100 %) и резкое снижение (28–100 %) функциональной активности экосистемы.

Темпы сокращения структурных связей (~88 %) опережают темпы изменения видового состава экосистемы, а темпы снижения функциональной активности (~66 %) отстают от них, хотя разрыв между ними по сравнению с предыдущей стадией разрушения экосистемы сокращается. В целом на стадии вырождения темпы разрушения экосистемы катастрофически велики (66–88 %), почти вдвое превышая соответствующие показатели для стадии релаксации. Восстановление звеньев, утерянных на этой стадии разрушения экосистемы, естественным порядком практически невозможно (изменения необратимы). Взамен вымирающих видов в экосистему устремляются менее организованные, но индивидуально более устойчивые виды.

Устойчивость экосистемы в целом теряется, что соответствует некогерентной эволюции (деволюции). В период деволюции происходит дальнейшее, по сравнению со стадией релаксации, выпадение видов. Нарушение структуры затрагивает компенсаторные механизмы. Вследствие этого наблюдается существенное изменение величин функциональных показателей, относящихся к различным трофическим группировкам. Существенно меняется пейзажность системы.

Происходит выпадение крупных форм и заметное изменение биомассы. Особенно информативным в период второй стадии оказывается не столько снижение суммарной биомассы сообщества

в целом, сколько сопоставление интегральных биомасс организмов различных трофических уровней.

В стадии релаксации биоценоз обедняется видами конечных звеньев трофической цепи (на 50 % уменьшается количество видов хищников, 40 % – зоофагов и 15 % – фитофагов) при общем сохранении уровня биомассы и продуктивности всех трофических уровней экосистемы.

В стадии деволюции наблюдается обеднение видового богатства всех трофических цепей. Доля обеднения возрастает от первичных продуцентов к хищникам исчезают 10 % видов первичных продуцентов, 30 % – фитофагов, 60 % – зоофагов и 100 % – хищников. При этом одновременно снижается продуктивность трофической цепи и ее биомасса, что неизбежно меняет пейзажность экосистемы.

На основе сказанного можно сделать следующие выводы. Антропогенное воздействие на водные объекты, например загрязнение, приводит к обеднению их видового состава, что сопровождается нарушением структуры и снижением устойчивости экосистемы, и как результат – отмечается снижение уровня функционирования системы. Таким образом, учитывая первопричину происходящих изменений, приходим к закономерному выводу: антропогенное воздействие вызывает деградацию экосистемы.

Выводы

1. Поставлено под сомнение представление о неисчерпаемости и удовлетворительном качестве водных ресурсов на нашей планете. Количество загрязняющих веществ, поступающих в водотоки и водоемы, во многих районах мира выросло настолько, что в загрязненных водных объектах нарушились процессы самоочищения природной воды.
2. В нескольких федеральных округах РФ качество поверхностных вод для большого количества водных объектов характеризуется как «грязная», «очень грязная» и «экстремально грязная».
3. За последние 30 лет наметившаяся в России тенденция снижения антропогенной нагрузки не привела к адекватному улучшению качества поверхностных вод. Значит, закономерности формирования качества вод в современных условиях изучены недостаточно.

4. Первая всемирная конференция ООН по водным ресурсам (1977 г.) способствовала тому, что предпринятые в ряде стран усилия сыграли положительную роль в защите водных объектов от истощения и загрязнения. Однако проблема минимизации негативного антропогенного воздействия на гидросферу продолжает оставаться очень острой.

Контрольные вопросы

1. Что послужило основанием для ООН объявления в 1977 году о начале десятилетия питьевого водоснабжения?
2. Какие объективные доказательства подтверждают глобальное потепление климата планеты?
3. Какие существуют гипотезы, подтверждающие и объясняющие наступление глобального потепления климата нашей планеты?
4. Каковы особенности потепления климата на территории России?
5. Какое влияние оказывает глобальное потепление на формирование водных ресурсов?
6. Какой смысл вкладывается в понятие «антропогенная нагрузка» на водные объекты?
7. Что включает прямое и косвенное антропогенное воздействие на водные ресурсы?
8. Какие основные категории источников антропогенного воздействия существуют?
9. Какие источники воздействия характеризуются как точечные, а какие – как диффузные?
10. Что такое водосбор или водосборная территория реки, озера, водохранилища?
11. Как определяются поверхностные и подземные границы водосборных территорий водных объектов?
12. Как определяется величина антропогенной нагрузки от сброса сточных вод в водные объекты?
13. Какие параметры водного объекта и характеристики точечного источника загрязнения учитываются при расчете антропогенной нагрузки?

14. Какой нормативный документ регламентирует оценку антропогенной нагрузки на водные объекты?
15. Какие водные объекты испытывают наибольшую антропогенную нагрузку на территории России?
16. Как формируются диффузные источники загрязнения водных объектов?
17. Как определить количество загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты от сельскохозяйственной деятельности на водосборной территории?
18. Что означает «эвтрофикация» водных объектов и каковы её последствия для водной экосистемы?
19. Как называется процесс уменьшения поверхностного водного стока или сокращения запасов подземных вод?
20. Каковы особенности физического, химического и биологического загрязнения водных объектов?

Модуль 6. ЗАЩИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Защита водных ресурсов – система мероприятий, направленных на предотвращение и устранение последствий загрязнения, засорения и истощения водных объектов и водных ресурсов. Система водоохраных мероприятий включает следующие механизмы: государственные, инженерно-технические, административно-хозяйственные и экономические.

Тема 6.1. Государственная политика в области защиты водных ресурсов

Деятельность в области использования и охраны водных объектов и водных ресурсов определяется водным законодательством, которое опирается на Водный кодекс РФ, нормативные акты, международные соглашения и другие юридические документы федерального и регионального уровней.

Первые указы об охране вод были изданы в России Петром I. Указом 1719 г. за засорение Невы и других рек Санкт-Петербурга грозила ссылка на каторжные работы. За сброс балласта с кораблей первый раз виновные подвергались штрафу, повторная провинность вела к конфискации корабля. Тем или иным вопросам охраны вод законодатели уделяли внимание и в последующее время.

Водное законодательство – правовая основа рационального использования и охраны водных ресурсов. Отдельные положения его содержались в ряде декретов Советской власти, связанных с развитием орошения Поволжья, с использованием водной энергии, с охраной рыбохозяйственных водоемов и другими мероприятиями по использованию водных ресурсов. В 1928 г. был разработан проект Основных положений водного законодательства СССР.

Действующее ныне водное законодательство – это совокупность юридических норм, регулирующих водные отношения в целях:

- обеспечения в интересах настоящего и будущих поколений обоснованного рационального использования вод для нужд населения и народного хозяйства;
- охраны вод от загрязнения и истощения;
- предупреждения и ликвидации вредного воздействия вод;

- улучшения состояния водных объектов;
- охраны прав предприятий, учреждений и граждан и укрепления законности в области водных отношений.

Важнейший принцип водного законодательства – право исключительно государственной собственности на воду, закрепленное в Конституции. Государство представляет водные объекты только в пользование. Важным принципом водного законодательства является комплексное использование вод, заключающееся в обеспечении разносторонних потребностей в воде различных водопользователей и водопотребителей. Однако законодательством закреплён приоритет водоснабжения населения, которое не может быть ограничено ни в каких случаях.

Не менее важен принцип рациональности, диктующий обязательное соблюдение научно обоснованных норм водопотребления и водоотведения. Он позволяет свести к минимуму различные непроизводительные потери воды и способствует предотвращению истощения и ухудшения качества воды в водных объектах. К числу основополагающих относится также принцип взаимодействия с окружающей средой. В первую очередь должны предусматриваться и выполняться водохозяйственные мероприятия по сведению к минимуму затопления земель, предупреждению вредного воздействия вод, а также охране рыбных запасов, полезной фауны и флоры. Законодательство предусматривает широкое использование повторного и оборотного водоснабжения, применение маловодных технологических процессов, при которых сброс сточных вод в водные объекты сводится к минимуму.

В зависимости от целевого назначения использования водных ресурсов различают хозяйственно-питьевое, промышленное, транспортное, сельскохозяйственное, гидроэнергетическое и другое водопользование. В водном законодательстве различают общее водопользование без применения сооружений или технических устройств и специальное водопользование с их применением. Право общего водопользования не требует какого-либо разрешения, но должно осуществляться на условиях и в порядке, устанавливаемом законодательством. Специальное водопользование осуществляется на основании разрешений органов по регулированию и охране вод или местных органов власти.

Водопользователи обязаны:

- 1) рационально использовать водные объекты на основе всех принципов водного законодательства;
- 2) содержать в исправном состоянии очистные и другие водохозяйственные сооружения;
- 3) вести в установленном порядке учет использования вод;
- 4) не допускать нарушения прав, предоставленных другим водопользователям;
- 5) не наносить ущерба природным и хозяйственным объектам.

Водным законодательством предусматриваются:

- права и обязанности таких водопользователей, как орошаемое земледелие, гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство;
- правовое регулирование сброса сточных вод, создания и эксплуатации водохранилищ, каналов, охраны малых рек;
- правовые формы борьбы с вредным воздействием вод, установление водоохраных и санитарных зон, создание заповедников.

Не допускается применение подземных вод питьевого качества для нужд, не связанных с питьевым и бытовым водоснабжением населения. Использование подземных вод, а также сброс сточных вод в подземные водоносные горизонты разрешаются лишь при наличии специального документа.

За нарушение водного законодательства должностные лица и граждане могут быть привлечены к административной ответственности. Лица, виновные в особо опасных нарушениях, привлекаются к уголовной ответственности и могут быть наказаны лишением свободы на срок от одного года до пяти лет или штрафом.

В последнее десятилетие стали применяться экономические меры воздействия на водопользователей. Так, для поверхностных водных источников была введена с 1982 г., а для подземных с 1984 г. плата за воду, забираемую промышленными предприятиями из водохозяйственных систем. Деньги идут в государственный бюджет.

Затраты предприятий относят на себестоимость продукции. Сверхнормативный забор воды оплачивается предприятиями в пятикратном размере и относится к непроизводственным затратам. При определении тарифов на воду, забираемую из поверхностных источников, учитываются совокупные народнохозяйственные затра-

ты на изучение, оценку и охрану водных ресурсов, регулирование и территориальное перераспределение стока, эксплуатацию водохозяйственной системы, поддержание водного объекта в надлежащем состоянии. Определение тарифов на подземные воды осуществляется исходя из затрат на геологоразведочные работы и пополнение запасов подземных вод за счет поверхностных водных объектов.

В развитие водного законодательства приняты водные кодексы, отражающие местные особенности водопользования и более детально регулирующие основные требования к использованию и охране вод.

Основными руководящими принципами государства являются:

- экологически ориентированное социально-экономическое развитие;
- сочетание бассейнового и административно-территориального подхода.

Экологически ориентированное социально-экономическое развитие (экоразвитие) — это совокупность мер, направленных на обеспечение экологической безопасности с учетом экономических возможностей и социальных потребностей общества. Иными словами, рост благосостояния людей не сопровождается ухудшением состояния среды обитания и деградацией природных систем. Развитие производительных сил ориентируется на стратегию экономного, высокоэффективного использования водных ресурсов, что позволяет сбалансированность антропогенную нагрузку на природные системы с их устойчивостью.

Реализации данного принципа способствует сочетание бассейнового и административно-территориального подхода к охране водных ресурсов, так как это позволяет:

- учесть экологические условия формирования водных объектов;
- учесть социально-экономические потребности общества;
- разделить функции управления и охраны вод на федеральный, региональный и локальный уровни.

Политическая деятельность государства в области охраны водных объектов на федеральном уровне связана с осуществлением международных акций, государственного регулирования и управления использованием и охраной водных ресурсов. Региональный

и локальный уровни проводят в жизнь намеченную государством политику использования и охраны вод.

Таким образом, роль государства выражается:

- в заключении и выполнении международных договоров (соглашение между Россией и КНР о рациональном использовании и охране трансграничных вод, Конвенция ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов, Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря и т. п.);
- разработка законов и контроль их выполнения;
- проведение единой научно-технической и инвестиционной политики.

Государственный контроль осуществляют:

- Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации;
- Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы);
- Федеральное агентство по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет);
- органы исполнительной власти субъектов РФ, специально уполномоченные государственные органы в области охраны окружающей природной среды.

Экологические инвестиции представляют собой вложение в природный капитал, который представляет национальное богатство в форме земли и ее недр, климатических условий, водного и воздушного пространства, растительного и животного мира, в целях получения дополнительных ресурсов и сохранения окружающей среды.

Инвестиции в охрану окружающей среды редко приводят к коммерческой прибыли, но повышают качество жизни людей и нацелены в первую очередь на получение нематериальных благ социально-экологического и культурного характера. Инвестиции классифицируются по праву собственности и сроку окупаемости, где выделяют долгосрочные инвестиции (со сроком окупаемости свыше двух лет) и краткосрочные (со сроком окупаемости до двух лет).

Государство осуществляет мониторинг водных объектов, который включает мониторинг:

- поверхностных водных объектов суши и морей;
- подземных водных объектов;
- водохозяйственных систем и сооружений.

Государственный мониторинг ведется совместно Росводресурсами и Росгидрометом, а также другими специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды. Мониторинг водных объектов включает:

- наблюдения за качеством воды и состоянием водных объектов;
- создание базы данных;
- оценку и прогнозирование изменений качества воды и состояния водных объектов.

Порядок использования и охраны водных объектов определяется Водным кодексом РФ и включает:

- порядок получения права собственности на водный объект или его части или получения права на водопользование;
- права и обязанности водопользователей;
- ответственность за нарушение условий водопользования.

Мероприятия по охране и ликвидации последствий загрязнения, засорения и истощения осуществляют собственники водных объектов.

Государство проводит мероприятия по борьбе с негативным воздействием вод. Негативное воздействие вод проявляется на определенных территориях в виде затопления, подтопления, разрушения берегов водных объектов, заболачивания, водной эрозии, засоления земель и др. Меры по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий осуществляют:

- органы государственной власти РФ – в отношении водных объектов, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях двух и более субъектов федерации;
- органы государственной власти субъектов РФ – в отношении водных объектов, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, и водных объектов, находящихся в федеральной собственности и полностью расположенных на территориях субъектов Российской Федерации;
- органы местного самоуправления – в отношении водных объектов, находящихся в собственности муниципальных образований.

Государство осуществляет резервирование источников питьевого водоснабжения. В целях обеспечения граждан питьевой водой при возникновении чрезвычайной ситуации осуществляется резервирование источников питьевого водоснабжения на основе защищенных от загрязнения и засорения подземных водных объектов. Для таких источников устанавливаются зоны специальной охраны.

Тема 6.2. Инженерно-технические мероприятия

6.2.1. Внедрение маловодных технологий

Использование маловодных технологий снижает потребление свежей воды, забираемой из источника водоснабжения, и улучшает качество водных ресурсов. Эффективность данных мероприятий основана на снижении нормы водопотребления, коэффициента возвратных вод и снижении загрязненности сточных вод.

Примером внедрения маловодных технологий в промышленности может служить замена водяного охлаждения на воздушное, замена гидротранспорта материалов на пневмотранспорт.

В животноводстве примером использования маловодных технологий может служить переход от гидросмыва навоза к сухому способу его удаления. Примером маловодных технологий в энергетике может служить использование нетрадиционных источников энергии: солнечных батарей, ветроустановок, термальных энергостанций и др.

В растениеводстве ярким примером использования маловодных технологий является применение капельного орошения сельскохозяйственных культур. Экономия воды в этом случае составляет 20–80 % по сравнению с дождеванием и поверхностными способами полива. Возвратные воды практически не образуются. Передовой водосберегающей технологией является использование гидрогелей. Гидрогель — это гранулы особого полимера, поглощающего воду и растворимые в ней удобрения в сотни раз больше, чем собственный вес. Внесение гидрогеля в почву позволяет накапливать влагу в корнеобитаемом слое во время выпадения дождей и снеготаяния и сохранять ее в доступном для растений виде. В результате повышается эффективность использования воды растениями, уменьшается вымыв питательных веществ из почвы в грунтовые воды.

6.2.2. Использование прогрессивных систем водоснабжения

Прогрессивные системы водоснабжения позволяют снизить водопотребление пресной воды за счет использования сточных или минерализованных вод. В настоящее время широко используются оборотные, повторные и дуплексные системы водоснабжения.

Оборотные системы водоснабжения позволяют осуществлять однократное многократное использование одного и того же объема воды (рис. 6.1). Данные системы используются в системе отопления коммунально-бытового хозяйства, в отдельных технологических процессах промышленных предприятий и орошении. Эффективность данного метода заключается в снижении забора свежей воды из источника и снижении опасности загрязнения водных объектов. Оборотные системы характеризуются коэффициентом водооборота, который показывает долю используемых в обороте сточных вод от суммарного объема водопотребления.

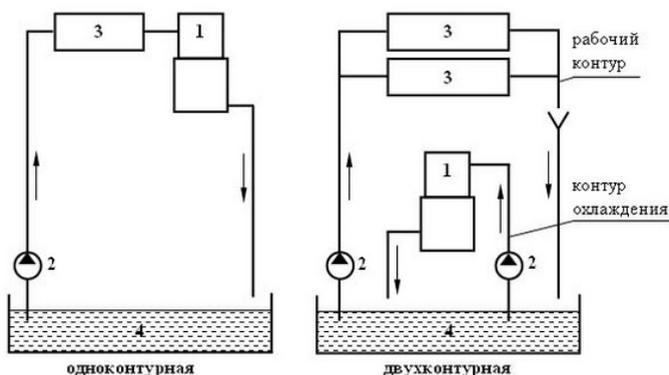


Рис. 6.1. Системы оборотного водоснабжения: 1 – градирня; 2 – насос; 3 – технологическое оборудование; 4 – бак-резервуар

Повторные системы водоснабжения основаны на принципе многократного однократного использования воды. Такие системы используются на сельскохозяйственных полях орошения (ЗПО) (рис. 6.2), т. е. для орошения сельскохозяйственных культур сточными водами коммунально-бытового хозяйства, животноводства. Используются и сточные воды промышленных предприятий, но в том случае если они удовлетворяют основным требованиям: сточные воды должны

обладать удобрительной ценностью и не содержать токсичных для растений веществ. К таким видам промышленности относятся пищевая, мясомолочная и некоторые другие виды. Эффективность повторного водоснабжения определяется снижением объёмов водопотребления свежей воды из источника, утилизацией сточных вод, повышением урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почв.

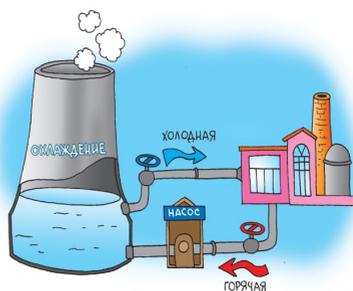


Рис. 6.2. Система повторного водоснабжения
(Источник: <https://en.ppt-online.org/224429>)

Сточные воды, содержащие достаточно большое количество питательных веществ (органических и минеральных), подаются на ЗПО при внутрпочвенном увлажнении, поверхностными способами полива или дождеванием. В почве происходит их очистка за счет биологической активности почв, которая зависит от типа почв, климатических условий. Поэтому нагрузка сточными водами единицы площади ЗПО должна быть ограничена и не превышать расчетных норм. Объём подаваемой сточной воды определяется исходя из условий регулирования водного и питательного режимов почв.

Объём воды, необходимый для удобрительного полива, определяется с помощью оросительной удобрительной нормы, которая рассчитывается по основным макроэлементам: азот, фосфор, калий. В расчет принимается минимальная величина удобрительной нормы. Режим подачи и приема сточных вод на ЗПО зависит от режима поступления сточных вод и режима орошения. Различают:

- круглогодичное поступление сточных вод и орошение. На сельскохозяйственных угодьях выделяют поля, на которых в течение года не выращиваются растения, на них поступают сточные

воды. На следующий год они используются для выращивания растений, а сточные воды отводятся на другие поля. При данном режиме подачи и приема сточных вод возможно выращивание растений на полях, принимающих небольшой объём сточных вод в течение всего года. Пруд-накопитель не требуется. Данный режим используется в условиях нерегулярного орошения;

– круглогодичное поступление сточных вод с орошением в период вегетации, при этом требуется емкость-накопитель больших размеров. Данный режим характерен для условий ежегодной потребности в орошении;

– поступление сточных вод и орошение ими в поливной период. В этом случае образующиеся сточные воды в период вегетации подаются на ЗПО, а в другие периоды года проходят дополнительную очистку и сбрасываются в водный объект.

Земледельческие поля орошения представляют собой источник повышенной опасности загрязнения поверхностных водных объектов, поэтому проводится специальное водоохранное обустройство. ЗПО не располагают в зоне питания подземных вод, в зонах санитарной охраны подземных водозаборов и рекреационных зонах. ЗПО должны быть удалены не менее чем на 1000 м от населенных мест, 100 м от магистральных дорог и 500 м от водных объектов. На ЗПО выращивают растения, не используемые в пищу в сыром виде: травы, технические и кормовые культуры, древесную и кустарниковую растительность. В случае близкого залегания грунтовых вод и опасности их загрязнения инфильтрационным оросительным стоком устраивается осушительная сеть. Поверхностный сток с сопредельных территорий перехватывается путем устройства ограждающей сети в виде ловчего или нагорно-ловчего канала. Поверхностный сток, образующийся на территории ЗПО после прохождения дождя или снеготаяния, собирается на буферной площадке, которая создается с помощью дамбы обвалования.

Дуплексные системы водоснабжения (рис. 6.3) используются в условиях дефицита пригодной для питьевых целей воды. Высокие требования к качеству питьевой воды требуют сложной и дорогой технологии ее подготовки, при этом на питьевые нужды в коммунально-бытовом хозяйстве расходуется 5–10 л/чел. в сутки из общей нормы 300 л/чел.

в сутки (примерно 2 %). Поэтому в крупных населенных пунктах рационально иметь несколько отдельных водопроводных сетей: хозяйственно-бытового, питьевого и промышленного водоснабжения. Это позволит использовать минерализованные воды, воды питьевого качества и воду, пригодную для технических целей.



Рис. 6.3. Очистка воды для питьевых целей
(Источник: <https://siberia-zeo.ru/uslugi/ustanovka-sistem-ochistki-vody/>)

Решение технологической схемы дуплексной системы водоснабжения зависит от минерализации исходной воды, от состава потребителей воды и от их требований к качеству опресненной воды. Системы должны обеспечивать надежную подачу воды на следующие нужды: хозяйственно-питьевые, производственные, противопожарные, полив в теплицах.

Состав сооружений дуплексных систем водоснабжения зависит от источника водоснабжения (поверхностный или подземный) и от качества воды источника (требуется или нет подготовка перед ее опреснением, требуется или нет коррекция ее качества после опреснения).

Дуплексные системы водоснабжения состоят:

- из узла водозаборных сооружений;
- узла подготовки воды;
- узла опреснения воды;
- узла кондиционирования опресненной воды;
- узла отведения или ликвидации рассола;
- системы подачи и распределения пресной воды;
- системы подачи и распределения воды повышенной минерализации.

6.2.3. Очистка сточных вод от точечных источников загрязнения

В коммунально-бытовом хозяйстве и промышленности образуются три вида сточных вод: бытовые, технологические и ливневые. Все эти сточные воды должны быть канализованы, т. е. должны централизованно отводиться на очистку. Обычно бытовые и технологические стоки сбрасываются в единую канализационную систему. Они характеризуются относительно постоянным составом и свойством. Ливневые стоки отличаются периодичностью и непостоянством состава. Поэтому для более эффективной очистки стоки рекомендуется очищать на отдельных сооружениях.

Данный метод позволяет осуществлять управление качеством водных ресурсов. Эффективность метода определяется снижением опасности загрязнения водного объекта и снижением затрат на водоподготовку.

Требуемая эффективность очистки сточных вод должна быть меньше эффективности очистных сооружений. Очистка стоков коммунально-бытового хозяйства, промышленности, рекреационных сооружений, животноводческих хозяйств осуществляется на очистных сооружениях полной биологической очистки.

Технологические стоки промышленности должны проходить предварительную очистку на локальных сооружениях. Это существенно повышает эффективность очистки и снижает затраты на неё. Связано это с тем, что после прохождения конкретного технологического процесса вода загрязняется конкретными загрязнителями, для очистки от которых и создаются локальные сооружения.

Снижение загрязненности дренажного стока, который формируется на осушаемых землях, осуществляется на основе самоочищения воды (осаждение взвешенных частиц, поглощение загрязняющих воду веществ растениями, сорбция веществ донным грунтом). Достигается это разными способами: устраиваются пруды, удлиняется открытая проводящая сеть или создаются специальные биологические плато. Необходимый объём прудов определяется исходя из условия самоочищения дренажного стока до допустимого уровня (ПДК).

Площадь биоплато определяется из уравнения баланса веществ. Ширина биоплато принимается в пределах 3–10 м. При длине более 50–100 м биоплато разбивается на 2–3 секции. Секционное разде-

ление делается и по ширине, что облегчает эксплуатацию. Глубина воды принимается в пределах от 0,5 до 1,5 м, что связано с необходимостью создания оптимальных условий произрастания водной полупогруженной растительности, которая в основном определяет эффективность очистки. Скорость течения воды принимается на уровне скорости заиления (0,1–0,3 м/с) или зарастания (0,45–0,6 м/с). Эффективность очистки стоков по БПК, взвешенным веществам, азоту и фосфору доходит до 95–99 %.

На биоплато выращивается сообщество таких макрофитов, как осока, камыш, тростник, рдест, элодея, роголистник, рогоз, цицания, эйхорния и др., их биомасса составляет 20–60 т/га. В течение периода их вегетации необходимо проводить удаление отмирающих растений, после чего они могут использоваться на корм скоту, вноситься на поля в виде зеленых удобрений, захораниваться или сжигаться в зависимости от их загрязненности.

Недостатком биоплато является изменение эффективности работы во времени — как по годам, так и внутри года, кроме того, наиболее эффективная очистка происходит в теплый период года.

Преимуществами биоплато являются простота конструкции, высокая эффективность очистки и относительно низкие затраты на строительство и эксплуатацию. Следует отметить, что наибольшие концентрации загрязняющих веществ в дренажном стоке приходятся на летне-осенний период. Биоплато используют и для очистки ливневых сточных вод населенных пунктов.

6.2.4. Снижение нагрузки от диффузных (распределоченных) источников

Одним из мощных диффузных источников загрязнения являются площадные стоки с сельскохозяйственных угодий, неканализованных территорий населенных пунктов и свалок. Территория, на которой они формируются, может достигать 45–85 % водосборной площади водного объекта, а фронт поступления загрязнений в него — растянуться на десятки и тысячи километров. Загрязненные площадные поверхностные стоки имеют временный характер и образуются после выпадения осадков и снеготаяния. Их объём и загрязненность зависят от количества осадков, объёма снега

на момент снеготаяния, интенсивности дождя и снеготаяния, загрязненности почв, вида загрязняющего вещества и т. д. Всё это не позволяет использовать традиционные методы охраны водных объектов. В целях предотвращения поступления в водные объекты загрязненных поверхностных вод используются следующие мероприятия: создание водоохранных зон (ВОЗ), высадка лесополос, устройство бессточных канав, прудов-накопителей, заболачивание территории, снегозадержание и др. Водоохранные мероприятия в данном случае можно разделить на три группы (по Н.И. Хрисанову).

1 группа. Мероприятия, позволяющие снизить объём образующихся загрязненных вод. Они проводятся в самом источнике загрязнения, например на сельскохозяйственных угодьях: создание лесополос, распашка поперек склона, соблюдение технологии внесения удобрений, использование медленнодействующих гранулированных удобрений, снежные мелиорации. Водоохранные лесополосы позволяют перевести часть поверхностного стока, наиболее загрязненного, в подземный. Располагают их поперек склона и устраивают шириной от 10 до 25 м из древесно-кустарниковой растительности. Расстояние между лесополосами зависит от уклона местности, механического состава почвогрунтов и составляет от 60–80 до 300–400 м. Так, при малых уклонах (до 1–3°) на легких почвогрунтах расстояние увеличивается. При необходимости лесополосы усиливают бессточными канавами глубиной 0,5–1,5 м.

Осенняя распашка поперек склона позволяет в весенний период, до обработки полей, замедлить движение воды, что способствует ее более полному впитыванию в почву. Снежные мелиорации предназначены для снижения интенсивности весеннего снеготаяния. Соблюдение технологии внесения удобрений и использование медленнодействующих удобрений позволяет существенно (до 50 %) сократить объём их потерь и тем самым предотвратить их поступление в водный объект.

2 группа. Мероприятия, позволяющие перехватить объём загрязнений в транзитной зоне (от источника загрязнений до водного объекта): устройство водоохранной зоны, перехват стока поглотителями, устройство прудов-накопителей. Водоохранные зоны устраиваются вдоль всего водного объекта, минимальная ширина ВОЗ назначает-

ся для участков рек в зависимости от их протяженности до истока. Ширина ВОЗ устраивается с учетом особенностей местности. В нее включается пойма рек и расположенные на надпойменных террасах овраги. На расстоянии 1–4 км от истока реки ширина ВОЗ увеличивается в 1,5–3 раза по сравнению с принятой для всей реки. При пересечении границ ВОЗ и естественных угодий (лес, луг, болото) границы ВОЗ совмещаются с естественными рубежами (если ширина данных угодий меньше 1 км) или увеличиваются до 1 км (если ширина естественных угодий больше 1 км). На мелиоративных системах ширина ВОЗ увеличивается до 500 м. Минимальная ширина ВОЗ для водоемов принимается в зависимости от площади акватории.

Водоохранная зона выполняет следующие функции:

- защита берегов от размыва,
- биологический дренаж,
- перевод поверхностного стока в грунтовый (водорегулирующая функция),
- предотвращение загрязнения водного объекта,
- защита берегов и надпойменных террас от эрозии.

Ширина водоохранной зоны откладывается от точки уреза воды в реке при среднемноголетнем меженном уровне.

Поглотители поверхностного стока представляют собой участки земли с повышенными коэффициентами фильтрации. Устраиваются они на тяжелых маломощных почвогрунтах. Поглотители позволяют перевести часть поверхностного стока в подземный.

Устройство прудов-накопителей позволяет в условиях сильно расчлененной местности (например в овражно-балочной сети) задерживать большие объемы загрязненного поверхностного стока на время, достаточное для самоочищения воды за счет осаждения взвешенных частиц, поглощения минеральных веществ водной растительностью, фильтрации воды до грунтовых вод.

3 группа. Мероприятия, направленные на повышение самоочищающей способности водных объектов. К таким мероприятиям относятся аэрация воды, создание биоплато, уход за прибрежной водной растительностью. В сельском коммунально-бытовом хозяйстве и животноводстве в случае отсутствия канализации снижение нагрузки на водный объект загрязняющими веществами происхо-

дит за счет проведения таких мероприятий, как устройство отстойников, организация мест хранения навоза, обвалование территории ферм, использование навоза в качестве удобрений.

Снизить объём поступления загрязняющих веществ в водный объект возможно путем создания прудов в овражно-балочной сети. Это позволит задержать поверхностный сток и даст возможность поверхностному стоку профильтроваться в почвогрунты, очиститься за счет фильтрации через тело плотины и осаждения взвешенных веществ. Для создания таких прудов возводят грунтовые плотины, например каменно-набросные, рассчитанные таким образом, чтобы сброс воды осуществлялся за счет фильтрации вод.

6.2.5. Устранение непроизводительных потерь воды

При использовании воды часть ее теряется на испарение, фильтрацию и утечки. Это приводит к увеличению объёма воды, забираемого из источника водоснабжения (брутто). В расчетах это учитывается снижением коэффициента полезного действия (КПД) систем водоснабжения. В целях экономии воды необходимо проводить мероприятия по повышению КПД систем водоснабжения. Эффективность данного метода основана на снижении объёмов водопотребления (брутто). Для повышения КПД проводятся такие мероприятия, как замена арматуры, замена старого трубопровода, проведение противофильтрационных мероприятий, устройство лесопосадок по берегам открытых водотоков и водоемов (для снижения испарения).

Данный метод достаточно эффективен по сравнению с другими, и экономия воды достигает 20 %. Затраты на его проведение большие, но он относится к обязательным мероприятиям для каждого водопользователя, так как утечки и фильтрационные потери могут привести к подъему уровня грунтовых вод, засолению земель, подтоплению коммуникаций, снижению напора в сети, увеличению объёмов забираемой свежей воды из источника. Низкий КПД системы водоснабжения не позволит эффективно решать вопросы водообеспечения.

Тема 6.3. Экономические мероприятия по охране водных ресурсов

Экономические методы охраны водных ресурсов заключаются в создании механизмов, стимулирующих водоохранную деятельность, поиск путей снижения затрат для достижения желаемого состояния окружающей среды и ее отдельных компонентов. В связи с этим система водоохранных мероприятий экономического характера направлена на создание механизмов:

- экономического стимулирования водоохранной деятельности;
- инвестирования водоохранной деятельности;
- платного водопользования.

Экономическое стимулирование заключается в создании благоприятных условий для хозяйственной деятельности конкретного водопользователя, который активно и постоянно проводит работу по охране вод от загрязнения и экономии водных ресурсов. Стимулирование выражается снижением налоговой ставки, регулированием нормативов, инвестированием водоохранной деятельности и другими экономическими рычагами. Все эти меры призваны сократить срок окупаемости затрат на водоохранные мероприятия и сделать экономически выгодным их проведение. Например, если предприятие запланировало создание системы очистки стоков и занимается ее реализацией, то органы надзора могут снизить плату за сверхлимитный сброс веществ на весь период проектирования и строительства очистных сооружений (до трёх лет). Осуществляется это двумя путями: снижением норматива платы или установлением величины допустимого сброса на уровне временно согласованного сброса (ВСС). Величина ВСС превышает величину норматива допустимого сброса (НДС), поэтому загрязнение водного объекта происходит, но предприятие попадает в более благоприятные экономические условия, что позволяет ему осуществить намеченную водоохранную деятельность по достижению нормативов НДС.

Инвестиции (вложение капитала и приобретение активов, от которых ожидается получение дохода) позволяют разрабатывать и создавать водоохранные системы за счет привлекаемого капитала — бюджетного и внебюджетного, в том числе и капитала частных

лиц, что позволяет снизить стоимость реализации водоохранных мероприятий для конкретного предприятия. Инвестиционные проекты находят применение в создании систем водоочистки, водосберегающих технологий.

Система платного водопользования включает:

- платежи на воспроизводство и охрану водных ресурсов;
- плату за право водопользования;
- платежи за сбросы загрязняющих веществ, в том числе и налог с прибыли за экологически вредную продукцию или за использование технологий, наносящих значительный вред природе.

Платное водопользование является одним из методов регулирования водных отношений, оно преследует несколько целей:

- создание фондов финансирования водохозяйственных программ (улучшение качества вод, водообеспечение населения и отраслей экономики, снижение ущерба от проявлений вредного воздействия вод);
- пополнение государственного бюджета;
- стимулирование рационального использования водных ресурсов;
- повышение эффективности природоохранной деятельности;
- переход водного хозяйства как отрасли экономики на самоокупаемость.

Использование водных объектов не должно приводить к нарушению экологического равновесия, поэтому одной из проблем природопользования является учет потерь качественного состава ресурсов в зависимости от изменения их количества и оценка реальных затрат на восполнение природных богатств. Этим целям служат платежи на восстановление водных ресурсов и компенсационные платежи за то, что ресурс выходит из целевого назначения. Например, загрязнение водного объекта может привести к невозможности его использования для рыбохозяйственных и рекреационных целей; истощение водного объекта ухудшает условия использования для водного транспорта и лесосплава. Данные платежи позволяют создавать специализированные фонды: фонд воспроизводства минерально-сырьевых ресурсов, фонд воспроизводства водных биологических ресурсов, фонд восстановления водных объектов.

Плата за воду — один из видов обязательных неналоговых платежей за пользование природными, в том числе и водными, ресурсами. Плательщиками за пользование водными объектами являются организации и предприниматели, непосредственно осуществляющие их эксплуатацию с применением сооружений, технических средств или устройств. Плата за воду осуществляется в виде водного налога.

Водный налог взимается в случае:

- забора воды из водных объектов;
- использования акватории водных объектов.

Платное водопользование должно осуществляться на основе контроля использования средств на водохозяйственные нужды, а ставка налога рассчитывается с учетом:

- конкретной водохозяйственной обстановки;
- степени воздействия на водные объекты.

Таблица 6.1

Ставки водного налога за водопользование (цены 2000 г.)

| Водный объект и цели водопользования | Ставка налога |
|--|-----------------|
| <i>Забор воды в пределах лимитов*, руб./тыс. м³</i> | |
| Реки | 252—306 |
| Подземные воды | 300—384 |
| Моря | 4,32—14,88 |
| <i>Использование акватории поверхностных водных объектов, тыс. руб./км² · год</i> | |
| Реки, озёра | 30,84—33,96 |
| Моря | 27,72—44,88 |
| Для целей гидроэнергетики, руб./МВт · ч | 8,76—9,00 |
| Для целей лесосплава, руб./тыс. м ³ · 100 км | 1 183,2—1 705,2 |

*Сверхлимитное водопользование предусматривает пятикратное увеличение налоговых ставок.

Водный налог не предусматривает плату за загрязнение водных ресурсов. Это учитывается специальными штрафными платежами.

Эффективность действия штрафных платежей в первую очередь зависит от норматива платы. Штрафы могут привести к необхо-

димости проведения водоохраных мероприятий в случае вывода уровня доходности предприятия в нерентабельную зону производства или приводить к потере части дохода.

Платежи за сброс загрязненных сточных вод в водный объект определяются с учетом сброса загрязнений в пределах установленного норматива ($P_{н}$) и за сверхлимитную нагрузку ($P_{сн}$). Нормативом является величина предельно допустимого сброса (ПДС), который рассчитывается для каждого загрязняющего вещества.

6.3.1. Лицензирование деятельности

Право на использование водного объекта закрепляется на основании договора водопользования или решения о предоставлении водного объекта в пользование. Договор водопользования предусматривает плату за пользование водным объектом или его частью. Плата за пользование водными объектами устанавливается на основе следующих принципов:

- стимулирования экономии воды и охраны водных объектов;
- дифференциации нормативов платы в зависимости от природных особенностей речного бассейна, его важности для экономики;
- равномерности поступления платы за пользование водными объектами в течение календарного года.

Вопросы контроля и учета использования водных объектов решаются в рамках лицензирования водопользования. Использование водных объектов осуществляется в виде общего, специального и особого водопользования.

Общее водопользование осуществляется физическими и юридическими лицами без применения сооружений, технических средств и устройств. *Специальное* водопользование осуществляется физическими и юридическими лицами с применением сооружений, технических средств и устройств при наличии лицензии на водопользование. *Особое* водопользование предоставляется в случае обеспечения нужд обороны, энергетических систем, транспорта, а также иных государственных и муниципальных нужд.

Водопользование не лицензируется в случае:

- общего водопользования;
- использования водных объектов для плавания на маломерных судах;

- разовых посадок (взлетов) воздушных судов;
- водопользования для пожарных нужд;
- забора воды с применением бытовых насосов из одиночных скважин и колодцев из первого водоносного горизонта, который не может быть использован для централизованного питьевого водоснабжения;
- пользования обособленными водными объектами.

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации лицензия на водопользование выдается федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на выдачу лицензий. При осуществлении лицензирования в области использования и охраны водных объектов должны учитываться наличие водных ресурсов, потребность в них водопотребителей и состояние водных объектов.

Лицензия на водопользование в зависимости от способов и целей водопользования должна содержать сведения:

- о водном объекте;
- водопользователе (водопотребителе);
- способе и цели использования воды;
- границах предоставляемого в пользование водного объекта или его части, а при необходимости – мест забора (сброса) воды;
- лимитах водопользования;
- количестве и качестве сбрасываемых сточных вод;
- органе лицензирования, выдавшем лицензию;
- обязательствах водопользователя по отношению к водопотребителям.

Кроме того, должны быть указаны дата регистрации и срок действия лицензии и перечислены требования по рациональному использованию, охране водных объектов и окружающей природной среды.

Лицензия на водопользование должна иметь регистрационный номер. Лицензия на водопользование дает право ее владельцу на пользование водным объектом или его частью на определенных условиях в течение установленного срока.

Водные объекты предоставляются юридическим лицам или гражданам в краткосрочное (до 3 лет) и долгосрочное (от 3 до 25 лет) пользование. После рассмотрения и проведения экспертизы пред-

ставленных заявителем документов принимается решение о выдаче или отказе в выдаче лицензии (в течение 30 дней).

Установление водопользования базируется на нормативах допустимого воздействия (НДВ) на водоток и его водосбор, что подразумевает установление лимитов водопотребления и водоотведения, нормативах допустимого сброса (НДС) загрязняющих веществ в водные объекты.

6.3.2. Лимитирование водопользования

Лимиты водопользования — это предельно допустимые объёмы изъятия водных ресурсов или сброса сточных вод нормативного качества. Целью лимитирования является обеспечение потребностей в воде населения и отраслей экономики, поддержание оптимальных условий водопользования (с учетом соблюдения требований рационального использования водных ресурсов) и улучшение качества водных объектов и их ресурсов. Лимиты устанавливаются водопользователю на определенный срок специально уполномоченным государственным органом управления использованием и охраной водного фонда. Лимиты водопользования (водопотребления и водоотведения) могут пересматриваться в связи с изменением состояния водных объектов или условий использования воды, указанных в лицензии.

Лимиты водопользования устанавливаются на основании:

1) *заявленных водопользователем потребностей*. Водопотребитель рассчитывает необходимое ему для использования количество воды $W_{\text{исп}}$, определяемое по формуле

$$W_{\text{исп}} = W_{\text{тех}} + W_{\text{х/п}} + W_{\text{вс}} + W_{\text{п}} + W_{\text{эк}}, \quad (6.1)$$

где $W_{\text{тех}}$ — объём воды, задействованный в технологическом процессе; $W_{\text{х/п}}$ — объём хозяйственно-питьевого водоснабжения; $W_{\text{вс}}$ — потребность в воде для подсобного и вспомогательного производства; $W_{\text{п}}$ — технологические потери воды, которые складываются из потерь в технологическом процессе, в процессе фильтрации, испарения и утечек вод (учитываются только предусмотренные проектом потери); $W_{\text{эк}}$ — плановая экономия воды;

2) *состояния водного объекта*. Использование водного объекта не должно приводить к ухудшению его экологического состояния. Допустимый для изъятия объём речной воды $W_{\text{лим}}$ определяется на основании водохозяйственных балансов, например, по формуле

$$W_{\text{лим}} = W_{\text{р}} + W_{\text{д/р}} - W_{\text{поп}},$$

где $W_{\text{р}}$ — естественный сток реки; $W_{\text{д/р}}$ — дополнительный ресурс воды; $W_{\text{поп}}$ — объём полезных и экологических попусков.

Лимит водопользования для конкретного i -го пользователя $W_{\text{лим},i}$ устанавливается при соблюдении условия, учитывающего возвратные воды $W_{\text{вв},i}$:

$$W_{\text{лим},i} \geq \sum W_{\text{исп},i} - \sum W_{\text{вв},i}.$$

Лимиты использования подземных вод определяются величиной эксплуатационного ресурса $W_{\text{эксп}}$:

$$W_{\text{лим}} = W_{\text{эксп}} \geq \sum W_{\text{исп}}.$$

6.3.3. Норматив сброса загрязняющих веществ в водный объект

Норматив допустимого сброса (НДС) — это масса загрязняющего вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в соответствии с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени. При его соблюдении обеспечивается нормативное качество воды в контрольном створе. НДС предназначен:

- для поддержания водных объектов, в которые осуществляется сброс загрязнений, в состоянии, соответствующем экологическим требованиям;
- контроля соблюдения условий водоотведения;
- расчетов штрафных платежей.

Нормативы допустимых сбросов используются:

- при выдаче лицензий на водопользование;
- для проведения контроля использования и охраны водных объектов;
- при установлении размеров платежей за сброс загрязненных сточных вод;
- для контроля эффективности водоохраных мероприятий.

НДС обосновывается для каждого загрязняющего вещества, по каждому выпуску сточных вод. При этом учитываются:

- нормативы качества воды применительно к виду водопользования;
- ассимилирующая способность водного объекта на участке от места выпуска сточных вод до ближайшего контрольного створа качества воды;
- фоновый состав и качество воды водного объекта (загруженность фона) выше места выпуска сточных вод.

Разработка нормативов допустимого сброса включает:

- инвентаризацию источников сбросов;
- расчет НДС;
- расчет фактических сбросов;
- разработку плана водоохраных мероприятий по достижению НДС.

Готовый проект НДС утверждается руководителем предприятия и проходит согласование:

- в органах ФГБУ «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора» Управления делами Президента Российской Федерации;
- в территориальных управлениях по экологическому надзору субъекта Российской Федерации.

На основании согласованного проекта НДС выдается «Разрешение на сброс загрязняющих веществ в водную среду со сточными, ливневыми, дренажными, фильтрационными водами».

Величины НДС_{*i*} для отдельных веществ определяются по формуле

$$\text{НДС}_i = q \cdot C_{\text{ДС}}, \quad (6.2)$$

где q – максимальный часовой расход сточных вод, м³/ч; $C_{\text{ДС}i}$ – концентрация i -го вещества, которая может быть допущена в сточных водах, г/м³.

Величина $C_{\text{ДС}i}$ определяется следующим образом:

$$C_{\text{ДС}i} = N \cdot (\text{ПДК}_i - C_{\text{фон}i}) + C_{\text{фон}i}, \quad (6.3)$$

где ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го вещества; $C_{\text{фон}i}$ – фоновая концентрация i -го вещества, полученная по дан-

ным наблюдений; N – кратность общего разбавления сточных вод в водном объекте, равная произведению кратности начального разбавления (N_H) на кратность основного разбавления (N_O).

Допустимая концентрация ($C_{ДСi}$) – это концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, не приводящая к превышению нормативов качества в контрольном створе водного объекта. Она должна отвечать условию, которое позволяет учитывать совместное действие загрязняющих веществ, присутствующих в сточных водах:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{ПДК}_i}{C_{ДСi}} \right) \leq 1,$$

где n – количество загрязняющих веществ, входящих:

– в одну группу ЛПВ (лимитирующего признака вредности) – для водных объектов рыбохозяйственного водопользования. Для таких водных объектов выделяют пять групп ЛПВ: органолептическая, общесанитарная, санитарно-токсикологическая, токсикологическая и рыбохозяйственная. Объектами рыбохозяйственного назначения считаются водные объекты, которые используются для воспроизводства, промысла и миграции рыб, беспозвоночных и водных млекопитающих;

– в одну группу ЛПВ и относящихся к 1-му или 2-му классам опасности – для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В этом случае все вещества относят к трем группам ЛПВ: органолептическая, общесанитарная, токсикологическая. К коммунально-бытовому водопользованию относятся водные объекты, которые используются для купания, спорта и отдыха населения, а также для других целей, если водные объекты расположены в черте населенных пунктов.

Учет процессов естественного самоочищения вод от поступающих в них веществ допускается в случае, если они ярко выражены, закономерности их изучены и в продуктах распада отсутствуют токсичные вещества.

При выпуске сточных вод в водные объекты учитывается разбавление сточных вод. Разбавление сточных вод – процесс снижения концентраций загрязняющих веществ в водотоках и водоемах, возникающий вследствие перемешивания сточных вод с окружающей водной средой.

Условия, определяющие процесс разбавления сточных вод, подразделяют на две группы:

- 1) конструктивные и технологические особенности выпуска сточных вод;
- 2) гидрометеорологические особенности водоемов и водотоков.

Первая группа включает следующие факторы: конструкцию выпускного сооружения; число, форму и размеры выпускных отверстий; расход и относительную скорость выпускаемых сточных вод, технологические и санитарные показатели сточных вод (физические свойства, концентрации загрязняющих компонентов и др.).

В начальной стадии процесс разбавления во многом определяется конструктивными особенностями выпуска. Так, можно считать установленным, что разбавление протекает более интенсивно при рассеивающих выпусках. При этом расстояние до створа заданной степени разбавления значительно сокращается по сравнению с сосредоточенным выпуском.

В выходящих из выпуска сточных водах, как правило, начальная скорость истечения превышает скорость движения водной среды. Влияние этой разности находит свое отражение в возникновении турбулентного струйного потока, основной особенностью которого является утолщение пограничного слоя путем увлечения частиц окружающего пространства. Это приводит к постепенному уменьшению скоростей потока и концентраций загрязнений. Из физических свойств сточных вод наибольшее влияние на разбавление оказывают начальные плотность и температура, причем не их абсолютные значения, а разность между ними и аналогичными параметрами водной среды, т. е. избыточные плотность и температура. Снижение концентраций в струйном потоке и называют *начальным разбавлением*.

Ко второй группе следует прежде всего отнести характер движения водных масс в форме течений и токов; причины, вызывающие эти движения: сток, ветер, стратификацию температур и плотностей; морфометрические характеристики русла водотока или ложа водоема; степень проточности; состав и свойства водной среды.

Из факторов второй группы рассмотрим отдельно водотоки и водоемы в связи с их различными гидрологическими особенностями.

Течение водотоков всегда носит турбулентный характер, а степень смешения сточных вод зависит от развитости турбулентной диффузии. При этом на участке начального разбавления влияние интенсивности турбулентной диффузии имеет подчиненное значение по сравнению с действием турбулентной струи, но в дальнейшем это влияние проявляется сильнее и с некоторого момента полностью определяет характер протекания процесса разбавления. Эта стадия разбавления, обусловленная турбулентной диффузией и, следовательно, определяющаяся гидрологическими параметрами потока, названа *основным разбавлением*.

На ход процесса разбавления оказывают определенное влияние морфологические особенности берегов и ложа водотока: изрезанность береговой линии, острова, перекаты, теснины, пороги и пр. Воздействие этих факторов на динамику потока, а значит, и на его диффузионную способность заключается в раздроблении установившейся структуры течений, образовании завихрений, что способствует более эффективному перемешиванию вод.

В водоемах (озерах) наблюдаются различного рода течения и токи, обуславливающие перенос загрязняющих вод в направлении вектора скорости. К числу причин, вызывающих движение вод, можно отнести сток, ветер, разность плотностей и температур, приливообразующие силы, перемены в атмосферном давлении и др. Кроме того, на характер течения действуют отклоняющая сила вращения Земли, строение ложа водоема, трение и пр. Поскольку на образование течений влияет несколько факторов, то при анализе течений обычно выбирают главное. Поэтому течения подразделяются на стоковые и ветровые. Истинную картину течений в природных условиях устанавливают на основе многолетних систематических наблюдений при различных гидрометеорологических ситуациях.

Из физико-химических показателей воды водоемов важнейшими являются температура, минерализация и плотность, распределение которых определяет не только черты общего гидрохимического режима, но и влияет на его динамику.

Знание указанных факторов позволяет не только описывать процесс разбавления сточных вод, но и количественно учитывать их влияние.

Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления, которая равна отношению избыточных концентраций загрязнений в месте выпуска к аналогичным концентрациям в рассматриваемом сечении:

$$N = \left(\frac{C_{\text{СВ}} - C_{\text{ФОН}}}{C - C_{\text{ФОН}}} \right) \leq 1, \quad (6.4)$$

где $C_{\text{СВ}}$, $C_{\text{ФОН}}$, C — концентрации загрязняющих веществ соответственно в сточных водах, в фоновом и контрольном створах.

Распространение примесей обычно происходит в направлении господствующих течений, и в этом же направлении кратность разбавления имеет тенденцию к увеличению. Так, в начальном сечении (месте сброса) сточных вод кратность разбавления равна единице. По мере удаления от точечного источника загрязнения и увеличения расходов водотока концентрация веществ в сточных водах снижается, а кратность разбавления растет. В пределе, когда в процесс перемешивания вовлекаются всевозможные для данного водного объекта расходы воды, наступает полное перемешивание.

Участок водоема или водотока от места выпуска сточных вод до сечения, где произойдет их полное перемешивание, условно разделяют на три зоны.

Первая зона — начальное разбавление $N_{\text{Н}}$. Здесь процесс разбавления происходит вследствие увлечения окружающей жидкости турбулентным струйным потоком, образующимся при истечении сточных вод из оголовка выпуска. В результате этого наблюдается заметное снижение концентраций загрязнений, что происходит до сечения, где разность скоростей струйного потока и окружающей среды становится незначительной.

Вторая зона — основное разбавление $N_{\text{О}}$. Обычно течение в водотоках и водоемах носит турбулентный характер, а степень перемешивания во второй зоне определяется интенсивностью турбулентного обмена. За створом полного перемешивания располагается третья зона, снижение концентраций загрязнений в которой определяется лишь процессами самоочищения.

Зная значения кратности разбавления на каждом из рассмотренных участков, можно получить общую кратность разбавления.

Пусть концентрация загрязняющего вещества в первой точке равна C_1 , а во второй – C_2 , при этом $C_1 > C_2$. Тогда разбавление от места выпуска до первой точки составит

$$N_H = \left(\frac{C_{CB} - C_{\text{ФОН}}}{C_1 - C_{\text{ФОН}}} \right). \quad (6.5)$$

От первой до второй точки

$$N_O = \left(\frac{C_1 - C_{\text{ФОН}}}{C_2 - C_{\text{ФОН}}} \right). \quad (6.6)$$

А общее разбавление на рассматриваемом участке

$$N = \left(\frac{C_{CB} - C_{\text{ФОН}}}{C_2 - C_{\text{ФОН}}} \right). \quad (6.7)$$

Решая уравнение (6.5) относительно $(C_{CB} - C_{\text{ФОН}})$, а уравнение (6.6) относительно $(C_2 - C_{\text{ФОН}})$ и подставляя результаты в выражение (6.7), получим

$$N = N_H \cdot N_O.$$

Методы расчета в водотоках. По методу Н.Н. Лапшова кратность начального разбавления N_H учитывается при выпуске сточных вод в водотоки в следующих случаях:

– для напорных сосредоточенных и рассеивающих выпусков в водоток при соотношении скоростей водного потока реки V_P и выпуска сточных вод V_{CB}

$$V_{CB} \geq 4V_P;$$

– при абсолютных скоростях истечения струи сточных вод из выпуска больше 2 м/с. При меньших скоростях течения сточных вод расчет начального разбавления не производится.

Для *единичного* напорного выпуска кратность начального разбавления рассчитывается следующим образом. Вычисляются отношения

$$\frac{V_{CB}}{V_P} - 1 = \frac{V_P + 0,15}{V_P} - 1, \quad m = \frac{V_P}{V_{CB}}, \quad (6.8)$$

где V_{CB} – скорость на оси струи.

По номограмме находится отношение $\frac{d}{d_0}$, где d – диаметр загрязненного пятна в граничном створе зоны начального разбавления,

d_o – диаметр выпуска. Затем по номограмме находится кратность начального разбавления N_H по известным величинам m и $\frac{d}{d_o}$.

Для *рассеивающего* напорного выпуска расчет осуществляется следующим образом. Задаваясь числом выпускных отверстий оголовка выпуска n_o и скоростью истечения сточных вод из них V_{CB} более 2 м/с, определяют диаметр отверстия или оголовка рассеивающего выпуска:

$$d_o = \left\{ \frac{4 \cdot q}{(\pi \cdot V_{CB} \cdot n_o)} \right\}^{1/2} N_H \cdot N_O,$$

где q – суммарный расход сточных вод, м³/с. Затем по номограмме определяется отношение $\frac{d}{d_o}$, и найденное значение d сравнивается с глубиной реки H . Если d менее H , то по номограмме находят кратность начального разбавления N_H .

Кратность основного разбавления определяется по методу Фролова – Родзиллера:

$$N_O = \frac{(q + \gamma \cdot Q)}{q},$$

где γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода смешивается со сточной жидкостью в максимально загрязненной струе данного створа,

$$\gamma = \frac{\{1 - \exp(-\alpha \cdot L^{1/3})\}}{\{1 + (Q \div q) \cdot \exp(-\alpha \cdot L^{1/3})\}},$$

где L – расстояние от выпуска до расчетного створа по фарватеру, м; α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке,

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \left(\frac{S}{q} \right)^{1/3},$$

где φ – коэффициент извилистости реки (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой); ξ – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске в речной поток $\xi = 1,5$); S – коэффициент турбулентной диффузии.

Для летнего времени

$$S = \frac{g \cdot V \cdot H}{37 \cdot K_{\text{ш}} \cdot E^2},$$

где g – ускорение свободного падения; V – средняя скорость течения реки; H – средняя глубина реки; $K_{\text{ш}}$ – коэффициент шероховатости ложа реки, определяемый по таблице М.Ф. Скрибного; E – коэффициент Шези.

Коэффициент Шези рекомендуется определять по формуле Н.Н. Павловского:

$$E = \frac{R^y}{K_{\text{ш}}},$$

где R – гидравлический радиус потока (для летних условий $R \approx H$ – глубине потока); y – коэффициент, определяемый по формуле

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{K_{\text{ш}}} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (\sqrt{K_{\text{ш}}} - 0,1).$$

Для повышения точности расчетов вместо средних значений V , H , $K_{\text{ш}}$, C рекомендуется брать их значения в зоне непосредственного смешения сточной жидкости с речной водой.

Рассмотренный метод может применяться при соблюдении следующего неравенства:

$$0,0025 \leq \frac{q}{Q} \leq 0,1.$$

Если не соблюдаются условия применимости метода В.А. Фролова – И.Д. Родзиллера или в расчете необходимо учесть данные о накоплении загрязняющих веществ в донных отложениях, то рекомендуется использовать методы, разработанные А.В. Караушевым.

Методы расчета на водоемах. При наличии в водоеме устойчивых ветровых течений для расчета кратности общего разбавления может быть использован метод М.А. Руффеля. В расчетах по этому методу рассматривается два случая:

а) выпуск в мелководную часть или в верхнюю треть глубины водоема (загрязненная струя распространяется вдоль берега под воздействием прямого поверхностного течения, имеющего одинаковое с ветром направление);

б) выпуск в нижнюю треть глубины водоема (загрязненная струя распространяется к береговой полосе против выпуска под воздействием донного компенсационного течения, имеющего направление, обратное направлению ветра).

Метод М.А. Руффеля имеет следующие ограничения: глубина зоны смешения не превышает 10 м, расстояние от выпуска до контрольного створа вдоль берега в первом случае не превышает 20 км, расстояние от выхода сточных вод до берега против выпускного оголовка во втором случае не превышает 0,5 км.

Кратность *начального* разбавления N_H вычисляется следующим образом:

а) при выпуске сточных вод в мелководье (у берега) или верхнюю часть глубины

$$N_H = \frac{q + 0,00215 \cdot U \cdot H_{\text{cp}}^2}{q + 0,000215 \cdot U \cdot H_{\text{cp}}^2},$$

где q – расход сточных вод выпуска, м³/с; U – скорость ветра над водной поверхностью в месте выпуска сточных вод, м/с; H_{cp} – средняя глубина водоема вблизи выпуска, м (значение H_{cp} определяется в зависимости от средней глубины водоема H следующим образом: при $H = 3 \div 4$ м на участке протяженностью 100 м; при $H = 5 \div 6$ м на участке протяженностью 150 м; при $H = 7 \div 8$ м на участке протяженностью 200 м; при $H = 9 \div 10$ м на участке протяженностью 250 м;

б) при выпуске сточных вод в нижнюю треть глубины

$$N_H = \frac{q + 0,00158 \cdot U \cdot H_{\text{cp}}^2}{q + 0,000079 \cdot U \cdot H_{\text{cp}}^2}.$$

Кратность *основного* разбавления N_o вычисляется следующим образом:

а) при выпуске сточных вод в мелководье или верхнюю часть глубины

$$N_o = 1 + 0,412 \cdot \left(\frac{L}{\Delta X} \right)^{0,627 + 0,0002 \cdot \frac{L}{\Delta X}},$$

где L – расстояние от места выпуска до контрольного створа, м; $\Delta X = 6,53 \cdot H_{\text{cp}}^{1,17}$;

б) при выпуске сточных вод в нижнюю треть глубины

$$N_o = 1,85 + 2,32 \cdot \left(\frac{L}{\Delta X} \right)^{0,41 + 0,0064 \cdot \frac{L}{\Delta X}},$$

где $\Delta X = 4,41 \cdot H_{\text{cp}}^{1,17}$.

Если не выполняется условие применимости метода М.А. Руффеля, то расчет кратности начального разбавления выполняется по методу Н.Н. Лапшова. Расчет кратности основного разбавления может быть выполнен численным методом А.В. Караушева.

6.3.4. Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ)

Сегодня в России стоит задача обеспечения комплексного подхода к внедрению наилучших доступных технологий (НДТ) в рамках экологической и промышленной политики, а также совершенствования системы государственного регулирования на основе НДТ. В построении такой системы значительная роль отведена деятельности Росстандарта и механизмам стандартизации.

НДТ представляют собой технологию производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемую на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

В соответствии с Правилами определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458, Росстандарт осуществляет утверждение и опубликование на своем официальном сайте информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям.

Постановлением Правительства РФ от 28 декабря 2016 г. № 1508 ФГАУ «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» определен организацией, осуществляющей функции Бюро наилучших доступных технологий.

Для создания единых подходов при разработке справочников НДТ приказом Росстандарта создан профильный технический комитет по стандартизации «Наилучшие доступные технологии». Немаловажной является работа по подготовке кадров, которая осуществляется в рамках текущей совместной работы Бюро НДТ и Академии стандартизации, метрологии и сертификации.

Справочники НДТ будут разработаны в качестве документов национальной системы стандартизации, ознакомиться с ними можно на информационных ресурсах Росстандарта. Порядок определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии изложен в Постановлении Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458.

Тема 6.4. Организационно-хозяйственные мероприятия по охране водных ресурсов

Государственный контроль использования и охраны вод предназначен для надзора за соблюдением порядка использования вод и выполнения обязанностей по их охране. Решаемые задачи:

- контроль рационального использования водных объектов;
- охрана водных объектов от загрязнения, засорения и истощения;
- контроль использования водных объектов в соответствии с целями, для которых они предоставлены в пользование;
- соблюдение правил эксплуатации водохозяйственных систем и водохранилищ;
- контроль состояния и эффективности работы очистных сооружений и устройств;
- соблюдение порядка и условий сброса сточных вод;
- выполнение заданий по строительству водохозяйственных объектов и мероприятий по борьбе с негативным воздействием вод;
- соблюдение норм и правил водопотребления и водоотведения;
- контроль ведения первичного учета забираемых и сбрасываемых вод.

Государственный контроль использования и охраны водных объектов осуществляют органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, специально уполномоченные государственные органы в области охраны окружающей природной среды, другие органы исполнительной власти в пределах их компетенции.

Для выполнения этих задач органы водного надзора:

- рассматривают представляемые на согласование предложения по определению мест строительства предприятий и сооружений, влияющих на состояние вод;

- выдают разрешение на водопользование;
- устанавливают пределы очистки и лимиты водоотведения;
- входят в состав государственных комиссий по приемке и эксплуатации объектов, влияющих на состояние водных ресурсов.

6.4.1. Показатели использования воды и ограничение водопользования

Использование водных ресурсов контролируется несколькими методами. Все они предусматривают определение показателей, которые отражают применение прогрессивных систем водоснабжения как предприятия в целом, так и отдельных его производственных объектов и установок. Например, техническое совершенство системы водоснабжения объекта оценивается несколькими коэффициентами.

Коэффициент оборотного использования воды

$$K_{об} = \frac{W_{об} \cdot 100 \%}{W_{об} + W_{св}},$$

где $W_{об}$ и $W_{св}$ – количество воды, используемой в оборотном водоснабжении, и объём свежей воды, забираемой из источника. Чем ближе $K_{об}$ к 100 %, тем эффективнее используется вода на предприятии. Для промышленности в целом $K_{об} \sim 70 \%$, а на металлургических предприятиях, предприятиях нефтехимической и некоторых других отраслей промышленности $K_{об}$ достигает 90–96 %.

Коэффициент рационального использования воды, забираемой из источника промышленным предприятием, позволяет оценить долю использования свежей воды от объёма безвозвратных потерь:

$$K_{и} = \frac{W_{св} - W_{вв}}{W_{св}},$$

где $W_{вв}$ – объём возвратных вод.

Если $K_{и} = 1$, предприятие использует свежую воду только для компенсации потерь воды и безвозвратного водопотребления. Все сточные воды используются в повторных и оборотных системах водоснабжения.

Процент безвозвратного потребления и потерь воды в системе водоснабжения определяется как доля от общего объёма потребляемой для изготовления продукции воды:

$$P = \frac{W_{\text{св}} - W_{\text{вв}}}{W_{\text{св}} + W_{\text{пов}} + W_{\text{об}}},$$

где $W_{\text{пов}}$ — объём воды, используемой в повторно-последовательных системах водоснабжения.

Средний объём безвозвратных потерь воды P для промышленности в целом составляет 0,5–30 %, для тепловых электростанций — 1,2–2 %.

При оценке эффективности использования вод рассчитывают коэффициенты, характеризующие отношение различных элементов баланса к валовому водопотреблению.

Коэффициент потребления свежей воды

$$K_{\text{св}} = \frac{W_{\text{св.пв}} + W_{\text{св.пз}}}{W},$$

где $W_{\text{св.пв}}$ и $W_{\text{св.пз}}$ — соответственно объём свежей воды, забранной из поверхностных и подземных водных объектов; W — суммарное потребление воды. Коэффициент $K_{\text{св}} = 1$ в случае использования прямоточной системы водоснабжения. Наличие оборотных и повторно-последовательных систем снижает значение коэффициента, т. е. $K_{\text{св}} < 1$.

Коэффициент использования речного стока показывает кратность использования стока по длине реки:

$$K_{\text{ир}} = \frac{W_{\text{св}} + W_{\text{ущ}} + W_{\text{и}} + W_{\text{поп}}}{W_{\text{р}}},$$

где $W_{\text{ущ}}$ — ущерб речному стоку вследствие отбора подземных вод; $W_{\text{и}}$ — дополнительное испарение с поверхности водохранилищ; $W_{\text{поп}}$ — необходимые попуски из водохранилищ; $W_{\text{р}}$ — естественный (или восстановленный) речной сток. Если речной сток не используется, $K_{\text{ир}} = 0$. В случае использования реки для хозяйственных целей $K_{\text{ир}} > 0$.

Приведенные балансовые соотношения показывают, что объёмы использования воды в ряде случаев превышают объёмы забора свежей воды за счет оборотного и повторного использования. Это относится к отдельным предприятиям и водохозяйственным комплексам в пределах одного или нескольких гидрографических бассейнов.

6.4.2. Контроль загрязненности сточных вод на предприятиях

Контроль загрязненности сточных вод включает определение объёма сточных вод W_b , их загрязненности конкретным i -м веществом C_i и объёма сбрасываемых загрязняющих веществ ($G_i = W_b \cdot C_i$). Режим контроля сточных вод зависит от режима их сброса, который бывает:

- единовременный,
- периодический,
- непрерывно изменяющийся,
- случайный.

Единовременный сброс проводится по окончании отдельной технологической операции. В случае отсутствия грубодисперсных и эмульгированных примесей контроль осуществляется взятием одной пробы для проведения химического анализа.

Периодический сброс сточных вод контролируется отбором трех проб (в начале, середине и конце сброса) и определением средних значений.

Непрерывный равномерный сброс сточных вод в свою очередь бывает:

- с постоянной концентрацией загрязнителей – в течение суток достаточно отбирать и анализировать 3–4 пробы;
- с изменяющейся концентрацией загрязнителей – отбирают и анализируют среднесменные пробы.

Непрерывный изменяющийся сброс сточных вод также подразделяется на два вида:

- с постоянной концентрацией загрязняющих веществ – определяется средняя пропорциональная проба или количество сбрасываемых веществ определяется на основе исследования технологического процесса;
- с переменной концентрацией загрязнителей – встречается, когда общий сток сложен из стоков с различным характером сброса сточных вод и загрязнителей. Для установления количества сбрасываемых загрязнителей определяется средняя пропорциональная (средневзвешенная) проба.

Случайный сброс сточных вод является следствием внезапно-го отклонения от нормального хода технологического процесса.

В этом случае устанавливают и фиксируют количество сбрасываемых загрязнителей путем обследования технологического процесса.

6.4.3. Контроль поверхностного стока с селитебных территорий

Селитебная территория — территория жилых районов и микрорайонов, торгово-сырьевых баз, магистралей, промышленных предприятий. Стоки, формируемые на селитебной территории в результате выпадения осадков, таяния снега и полива, отличаются сильной загрязненностью. Загрязненность ливневых вод определяется климатическими условиями, загрязненностью воздуха, состоянием водосборной площади и видом покрытий, наличием промышленных зон, интенсивностью транспортных нагрузок. Характерными загрязняющими веществами являются взвешенные вещества, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), вещества азотной группы, соли тяжелых металлов.

Контроль поверхностного стока позволяет выявить наиболее существенные источники выноса примесей в водные объекты, оценить влияние этого выноса и принять меры по его уменьшению за счет:

- упорядочения использования территории;
- повышения качества уборки мусора;
- ликвидации потерь различных продуктов;
- улучшения состояния складского хозяйства;
- замены грунтовых покрытий твердыми и газонами;
- обезвреживания поверхностного стока на очистных сооружениях.

Оценка загрязненности ливневых вод осуществляется на основе отбора проб воды и проведения химического анализа. Отбор проб проводится с учетом специфики формирования дождевого и талого стока. Концентрация примесей в дождевом стоке изменяется, уменьшаясь от начала к концу дождя. Снижение концентрации тем заметнее, чем больше продолжительность и слой осадков и выше интенсивность дождя. Наиболее существенно в процессе стока изменяются (в несколько раз) такие показатели, как содержание взвешенных веществ, ХПК и БПК.

Для данной категории сточных вод применяют порционный отбор. Интервал между отбором проб принимают 5–10 мин в началь-

ный период стока (около получаса), а в последующий период пробы отбирают с интервалом через 20–30 мин. Такая схема позволяет проанализировать состав всех проб.

6.4.4. Контроль и оценка эффективности очистки сточных вод

Контроль работы очистных сооружений проводится с целью прекращения или предупреждения загрязнения водных объектов неочищенными или недостаточно очищенными сточными водами. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- обследование очистных сооружений (изучение проектных данных, технологической схемы и режима работы; ознакомление с разрешением на сброс очищенных сточных вод; проверка выполнения ранее выданных предписаний в части улучшения работы очистных сооружений, проверка эффективности работы лаборатории);
- проверка эффективности очистки сточных вод;
- определение влияния сбрасываемых сточных вод на водные объекты;
- разработка предложений по совершенствованию работы очистных сооружений или дополнительных водоохраных мероприятий.

На основе анализа проб сточных вод определяется эффективность очистки ($\Theta_{оч}$) на очистных сооружениях в целом и по отдельным ступеням очистки. Полученная эффективность сравнивается с требуемой ($\Theta_{тр}$). Если $\Theta_{оч} < \Theta_{тр}$ – очистные сооружения работают неэффективно. Состав контролируемых показателей работы определяется видом очистного сооружения. Например, контроль песколовков заключается в определении прозрачности, концентрации взвешенных и оседающих веществ поступающей и выходящей из них сточной жидкости. Контроль первичных отстойников предусматривает определение концентрации взвешенных веществ, прозрачности и анализ осадка по показателям: сухое вещество осадка, потери при прокаливании и зольность.

Сокращенный анализ сточных вод сооружений полной биологической очистки включает определение:

- концентрации взвешенных веществ и потерь при прокаливании (характеризует наличие в воде нерастворенных минеральных и органических частиц);

– реакции среды. Для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов, осуществляющих биохимическую очистку воды, рН должен находиться в пределах 6,5–8,5. Отклонение от этого диапазона приводит к развитию нежелательных форм микроорганизмов или полному нарушению процесса биохимической очистки. Резкое изменение рН свидетельствует о попадании в сточную воду посторонних загрязнений;

– концентраций веществ азотной группы (азот аммонийный указывает на загрязненность фекальными стоками. Наличие азота нитритов и нитратов в хозяйственно-бытовых стоках свидетельствует о попадании посторонних загрязнений. Кроме того, азот является биогенным веществом для микроорганизмов, участвующих в очистке сточных вод. Поэтому его концентрация в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, не должна быть ниже 15 мг/л);

– ХПК и БПК. ХПК характеризует суммарное содержание в воде органических веществ. Это интегральный и один из наиболее информативных показателей антропогенного загрязнения вод. БПК характеризует наличие в воде легко разлагаемых веществ. Относится к интегральным показателям, его используют для оценки качества воды и состояния водных экосистем;

– концентрации фосфатов, хлоридов, сульфатов. Фосфаты дают представление о количестве фосфора – одного из биогенных веществ, необходимых для биохимической очистки. В сточных водах его должно быть не менее 3 мг/л в пересчете на P_2O_5 . Хлориды позволяют судить о постоянстве солевого состава сточной воды и сделать вывод о «согласованности» анализируемых проб. По сульфатам судят о минеральном составе воды. Повышенное количество сульфатов в воде свидетельствует о попадании в нее промышленных сточных или морских вод и оказывает отрицательное влияние на биохимические процессы;

– щелочности, общей жесткости;

– температуры, которая значительно влияет на жизнедеятельность организмов при биологическом процессе очистки. Температура воды выше 30 °С оказывает отрицательное влияние на жизнедеятельность аэробных микроорганизмов. Падение температуры ниже 9 °С ухудшает условия жизнедеятельности микробов в биофильтрах.

6.4.5. Контроль ведения первичного учета забираемых и сбрасываемых вод

Водопользование осуществляется при организации надлежащего учета фактического водозабора и сброса сточных вод. Учет проводится на основе ведения журналов первичной отчетной документации (ПОД) и форм статистической отчетности:

- ПОД-11 заполняется на основе измерения объемов использованной воды прямыми методами (водоизмерительными приборами: счетчиками воды, тарифованными водосливами);
- ПОД-12 заполняется на основе определения объемов использованной воды косвенными методами (по объемам потребляемой электроэнергии, по объему выпускаемой продукции и нормам водопотребления, по диаметру трубопроводов);
- ПОД-13 – журнал учета качества сбрасываемых сточных вод;
- 2-ТП (водхоз) «Сведения об использовании воды» – форма государственной статистической отчетности по забору воды, сбросу сточных вод и их загрязненности.

Ограничение водопотребления проводится при дефиците водных ресурсов для лет проверочной обеспеченности. Ограничивают водой участников водохозяйственного комплекса, которые допускают перебои с водообеспечением (участники ВХК второй группы). Ограничение водопотребления и водопользования в условиях дефицита воды может проводиться вплоть до исключения участника из состава ВХК.

Возможно ограничение водопотребления городского коммунально-бытового хозяйства за счет снижения норм водопотребления в пределах диапазона, соответствующего высокой степени благоустройства. Например, норма водопотребления равна 280 л/сут · чел., что соответствует степени благоустройства, характеризующейся наличием централизованного водоснабжения горячей и холодной водой, с ваннами и канализацией. Данной степени соответствует диапазон норм водопотребления 230–290 л/сут · чел. В этом случае возможно снижение нормы до 230 л/сут · чел., т. е. на 50 л/сут · чел.

Снижение объемов воды, подаваемой промышленным предприятиям, приведет к снижению объемов вырабатываемой продукции.

Поэтому водопотребление ограничивается таким образом, чтобы не произошло существенного их снижения (в пределах 10–20 %).

Снижение подачи воды на орошение связано со снижением средневзвешенной оросительной нормы или повышением КПД системы водоснабжения. Снижение оросительной нормы возможно за счет уменьшения доли влаголюбивых культур в составе севооборота.

Выводы

1. Система защиты водных объектов и водных ресурсов включает следующие составляющие: государственную политику, экономические, инженерно-технические, организационно-хозяйственные мероприятия.
2. Одна из основных задач в области защиты водных объектов – это внедрение наилучших доступных технологий (НДТ).
3. НДТ представляет собой технологию производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, которая определяется на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности её применения.
4. Для создания единых подходов при разработке справочников НДТ создан профильный технический комитет по стандартизации «Наилучшие доступные технологии».

Контрольные вопросы

1. На что опирается государственная деятельность в области использования и охраны водных объектов и водных ресурсов?
2. Назовите важнейший принцип водного законодательства.
3. Какой принцип диктует обязательное соблюдение научно обоснованных норм водопотребления и водоотведения?
4. Какие водохозяйственные мероприятия предусматривает принцип взаимодействия с окружающей средой?
5. Какая ответственность наступает для юридических и физических лиц за нарушение водного законодательства?

6. В каком году был разработан проект «Основных положений водного законодательства» в России?
7. Какой вид водопользования является приоритетным на территории России?
8. Какие механизмы включает система водоохраных мероприятий?
9. В чём состоит отличие «общего» и «специального» водопользования?
10. Что дают инвестиции в охрану окружающей среды, если они не приводят к коммерческой прибыли?
11. Кто осуществляет мероприятия по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий?
12. К чему приводит внедрение маловодных технологий?
13. Какие прогрессивные системы водоснабжения уже внедрены, а какие только планируются для использования?
14. Перечислите основные методы очистки сточных вод при сбросе их в водные объекты.
15. Как снизить нагрузку на водные объекты от диффузных (распределоченных) источников загрязнения?
16. Назовите приемы устранения непроизводительных потерь воды.
17. Какие экономические мероприятия по охране водных ресурсов осуществляются на территории России?
18. Какими документами закрепляется право использования водного объекта?
19. Какие принципы действуют при начислении платы за пользование водным объектом или его частью?
20. Как рассчитывается норматив сброса загрязняющих веществ в водный объект?
21. Какие задачи решает государственный контроль использования и охраны вод?
22. Что представляет собой наилучшая доступная технология (НДТ)?

Модуль 7. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Тема 7.1. История создания органа управления

Первые шаги по управлению объектами водного хозяйства, предпринятые в XVIII веке, были связаны с необходимостью упорядочить регулирование искусственных водных путей, в первую очередь – Вышневолоцкой водной системы.

В 1773 г. в России была создана должность директора водяных коммуникаций, главной задачей которого было управление основными водными магистралями. Первым директором водяных коммуникаций стал губернатор Новгорода Яков Ефимович Сиверс. По инициативе и под руководством Я.Е. Сиверса в 1798 г. в России был создан Департамент водяных коммуникаций, имевший такие же права, как и коллегии Сената.

В 1809 г. по проекту нового генерального директора Департамента, принца Георга Ольденбургского начинает действовать Экспедиция водяных сообщений, которой были переданы все функции упразднённого Департамента. В том же году, до завершения окончательного преобразования Департамента в Экспедицию, было утверждено Управление водяными и сухопутными сообщениями, переименованное в 1810 г. в Главное управление путей сообщения.

До 1899 г. вопросы управления водным хозяйством Российской империи находились в ведении отдельных департаментов транспортного ведомства.

В 1899 г. при Министерстве путей сообщения было создано Управление водных и шоссейных сообщений и торговых портов, приоритетной задачей которого было изучение рек, озер, водоразделов и возможностей улучшения судоходства. Параллельно с Управлением вел работу созданный в 1894 г. Отдел земельных улучшений при Министерстве земледелия и государственных имуществ. В ведении отдела находились орошение и обводнение земель, осушение болот и добыча торфа, гидротехнические и противоэрозионные работы, регулирование рек, строительство водозаборных скважин и другие виды мелиорации, выполнявшиеся за счет государственных средств, а также управление водохозяйственными организациями на местах.

Именно на мелиорацию и улучшение водоснабжения населения, а также всего народного хозяйства был сделан акцент в первые годы после революции 1917 г. До 1946 г. водное хозяйство России находилось в ведении Управления землеустройства и мелиорации и Управления мелиорации и торфа при Наркомате земледелия РСФСР. Параллельно с этим в интересах народного хозяйства велось активное изучение водных ресурсов всего Советского Союза.

В 1946 г. на базе упраздненных управлений (землеустройства и мелиорации и мелиорации и торфа) было создано Управление водного хозяйства при Министерстве земледелия РСФСР, а в 1960 г. — Государственный комитет Совета Министров РСФСР по использованию и охране поверхностных и подземных водных ресурсов.

В целях упорядочения комплексного использования и охраны водных ресурсов страны, а также скорейшей ликвидации загрязнения водоёмов в 1961 г. на базе Управления водного хозяйства и Госкомитета был создан Государственный комитет Совета Министров РСФСР по водному хозяйству (Госводхоз РСФСР). В 1963 г. Госводхоз был преобразован в Государственный производственный комитет по орошаемому земледелию и водному хозяйству РСФСР (Госземводхоз РСФСР), а в 1965 г. — в Министерство мелиорации и водного хозяйства РСФСР (Минводхоз РСФСР).

В состав Минводхоза входили Государственная инспекция по охране водных источников и Главное управление комплексного использования водных ресурсов. Этому министерству было подчинено более 100 территориальных бассейновых управлений, около 250 гидрохимических лабораторий, контролирующих свыше 100 тыс. объектов.

В 1990 г. Минводхоз РСФСР был упразднён, часть его функций передана Главному управлению мелиорации и водного хозяйства, вошедшему в структуру нового Министерства сельского хозяйства и продовольствия РСФСР, а часть — созданному в ноябре 1990 г. Комитету по водному хозяйству при Совете Министров РСФСР.

В ноябре 1991 г. в рамках масштабного преобразования органов исполнительной власти РСФСР на базе упразднённых Министерства экологии и природопользования РСФСР, Министерства лесного хозяйства РСФСР, Государственного комитета РСФСР по

геологии и использованию недр и Комитета по водному хозяйству при Совете Министров РСФСР создано Министерство экологии и природных ресурсов РСФСР (позже – Министерство экологии и природных ресурсов РФ). Вопросы управления водным хозяйством возложены на Комитет по водным ресурсам Министерства экологии и природных ресурсов РФ, позже переименованного в Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ.

В 1993 г. в целях совершенствования государственного управления в области водного хозяйства, улучшения водообеспечения населения и народного хозяйства, экологического состояния водных объектов из состава Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов выведен Комитет по водным ресурсам, на базе которого образован Комитет Российской Федерации по водному хозяйству (Роскомвод).

Однако раздельное управление отраслью в существующей системе органов государственной власти было признано неэффективным, и в 1996 г. при очередном формировании структуры органов федеральной исполнительной власти Роскомвод был упразднён, а его функции переданы созданному на базе нескольких ведомств Министерству природных ресурсов Российской Федерации.

В 2004 г. в рамках проведения административной реформы были образованы федеральные агентства и службы Министерства природных ресурсов Российской Федерации, в том числе Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы).

Тема 7.2. Цели, задачи и функции управления

Росводресурсы – федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по оказанию государственных услуг и управлению федеральным имуществом в сфере водных ресурсов. Агентство находится в ведении Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации и осуществляет свою деятельность непосредственно или через свои территориальные органы и подведомственные организации.

Главная цель федерального агентства – устойчивое водопользование при сохранении водных экосистем, а также обеспечение

безопасности населения и объектов экономики от негативного воздействия вод.

В рамках решения задач, направленных на достижение данной цели, агентство ведёт деятельность по таким важным направлениям, как обеспечение социально-экономических потребностей в водных ресурсах, обеспечение безопасности населения и объектов экономики от негативного воздействия вод, укрепление трансграничного водного сотрудничества, экологическое оздоровление водных объектов страны.

В рамках решения вопросов по обеспечению водными ресурсами населения и отраслей экономики ведётся строительство новых и восстановление проектных мощностей уже действующих водохранилищ, проводится оптимизация использования располагаемых водных ресурсов и параметров водопользования, устанавливаются квоты забора и сброса в водные объекты.

Для обеспечения безопасности населения и объектов экономики от негативного воздействия вод ведутся работы по строительству инженерных защит, выполняются превентивные противопаводковые мероприятия, повышающие пропускную способность водотоков — дноуглубительные и руслорегулирующие работы, обеспечивается оперативное регулирование режимов работы водохранилищ с целью срезки пиков весеннего половодья и паводков.

Важной задачей является заключение межправительственных соглашений в области охраны и использования трансграничных водных объектов с правительствами сопредельных государств и контроль за реализацией соглашений. Заключение и исполнение договорённостей — важный шаг по обеспечению интересов России в сфере охраны и использования трансграничных вод.

Федеральное агентство является одним из государственных заказчиков федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса России в 2012—2020 годах».

Федеральное агентство водных ресурсов осуществляет следующие полномочия:

- водоохранная деятельность (разработка и реализация схем комплексного использования и охраны водных объектов, охрана водоёмов, морей или их отдельных частей, предотвращение их

- загрязнения, засорения и истощения вод, осуществление мер по ликвидации последствий данных явлений);
- осуществление мер по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий в отношении водных объектов;
 - управление федеральным имуществом и водными объектами, находящимися в федеральной собственности, в том числе предоставление водоёмов, частей водоёмов, морей или их отдельных частей в пользование;
 - комплексное управление водными ресурсами (государственный мониторинг водных объектов, гидрографическое и водохозяйственное районирование, установка режимов работы водохранилищ, организация территориального перераспределения стока поверхностных вод, пополнение водных ресурсов подземных водных объектов);
 - ведение государственного учёта и исследования водных объектов (Государственного водного реестра, Российского регистра гидротехнических сооружений), разработка автоматизированных аналитических систем по работе с информацией о водных ресурсах РФ;
 - осуществление функций государственного заказчика, размещение заказов и заключение государственных контрактов и иных гражданско-правовых договоров;
 - контроль деятельности подведомственных государственных унитарных предприятий и организаций;
 - взаимодействие с органами государственной власти иностранных государств и международными организациями;
 - реализация мер поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства;
 - взаимодействие с населением;
 - организация конгрессов, конференций, семинаров, выставок и других мероприятий;
 - полномочия, связанные непосредственно с функционированием Агентства (административно-хозяйственные, финансовые, кадровые вопросы), а также по работе с документами и архивными данными.

Детальный перечень полномочий Агентства представлен в «Положении о Федеральном агентстве водных ресурсов».

Функциями водного хозяйства являются водообеспечение и водоотведение, охрана водных ресурсов и борьба с негативным воздействием вод. Выполнение отмеченных функций возможно на основе решения следующих задач:

- создания системы мониторинга,
- изучения водных объектов,
- определения потребностей в воде и рациональных способов ее использования,
- определения состава и количества сточных вод,
- разработки мероприятия по охране водных ресурсов,
- создания и эксплуатации водохозяйственных систем.

Функция водообеспечения осуществляется за счет располагаемых ресурсов воды и требований разных отраслей экономики к объемам и режиму подачи воды для производства ими запланированной продукции с учетом экологических требований, направленных на сохранение устойчивости природных водных экосистем.

Функция борьбы с негативным воздействием вод осуществляется, чтобы предотвратить или снизить ущербы, вызываемые селями, оползневыми явлениями, затоплением и подтоплением земель, водной эрозией и т. д. В этом случае выявляются территории, подверженные воздействию, проводится их районирование по степени опасности проявления сил природы, разрабатываются мероприятия по снижению ущербов.

Функция охраны вод необходима для снижения антропогенного воздействия на водные объекты и восстановления водных экосистем, нарушенных, например, в результате поступления в них неочищенных стоков.

Сточные воды отраслей экономики и коммунального сектора, необходимо сделать безопасными перед сбросом в водные объекты и создать условия для их отвода в водоприёмник.

Тема 7.3. Структура управления

Управление водным хозяйством осуществляет Федеральное агентство водных ресурсов Министерства природных ресурсов и экологии РФ, в ведении которого находятся территориальные органы, в том числе бассейновые водные управления (БВУ), федеральные государственные учреждения (ФГУ), научно-исследовательские и проектно-изыскательские институты (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Структура управления водным хозяйством РФ

Центральный аппарат Росводресурсов включает:

- Управление регулирования водохозяйственной деятельности;
- Управление администрирования доходов, реализации бюджетной политики и управления федеральным имуществом в сфере водных ресурсов;
- Управление планирования и реализации водохозяйственных программ;
- Управление трансграничных вод, ресурсов обеспечения деятельности и развития человеческого потенциала.

Основными задачами Росводресурсов являются:

- разработка и осуществление государственной политики в сфере изучения, воспроизводства, использования и охраны водных ресурсов, восстановление водных объектов;

- разработка и реализация мероприятий, направленных на охрану и восстановление водных объектов и рациональное использование их водных ресурсов, удовлетворение потребностей экономики России в водных ресурсах, сохранение природных комплексов и объектов, имеющих особое природоохранное, научное и культурное значение;
- прогнозирование состояния водных объектов для обеспечения соответствующей информацией;
- разработка территориальных целевых программ предупреждения и ликвидации вредного воздействия вод;
- разработка схем комплексного использования и охраны водных объектов;
- подготовка, заключение и реализация бассейновых соглашений о восстановлении и охране водных объектов;
- выдача, регистрация, приостановление действий и аннулирование лицензий на водопользование, регистрация договоров на пользование водными объектами, согласование мест размещения хозяйственных и иных объектов, а также осуществления всех видов работ на водных объектах и в водоохраных зонах;
- проведение государственной экспертизы проектной и проектной документации на строительство, реконструкцию водохозяйственных и других объектов, влияющих на состояние водных объектов и водоохраных зон;
- ведение государственного водного кадастра и регистра гидротехнических сооружений;
- эксплуатация водохранилищ и водохозяйственных систем комплексного назначения, защитных и других гидротехнических сооружений;
- осуществление государственного надзора и контроля над соблюдением правил эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС).

Бассейновые водные управления (БВУ) осуществляют управление и контроль водопользования на основе бассейнового принципа, заключение бассейновых соглашений, разработку программ по восстановлению и охране водных объектов, разработку региональных и территориальных программ развития.

В настоящее время в России действуют 14 бассейновых водных управлений: Амурское, Верхне-Волжское, Донское, Западно-Каспийское, Кубанское, Московско-Окское, Нижне-Обское, Нижне-Волжское, Невско-Ладожское, Верхне-Обское, Двинско-Печорское, Енисейское, Камское, Ленское.

Федеральные государственные учреждения (ФГУ) осуществляют:

- строительство и эксплуатацию водохозяйственных систем;
- обеспечение населения и народного хозяйства водой;
- ведение мониторинга и государственного водного кадастра (ГВК);
- учет использования воды и выдачу лицензий на водопользование;
- предотвращение и ликвидацию вредного воздействия вод.

К федеральным государственным учреждениям относятся, например:

- ФГБУ «Защитные сооружения Костромской низины»;
- ФГБВУ «Центррегионводхоз» с филиалами:
 - «Управление эксплуатации Угличского водохранилища»,
 - «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища»,
 - филиал по обеспечению инженерных защит Чебоксарского водохранилища по Республике Марий Эл;
- ФГБУ по эксплуатации берегозащитных сооружений и мониторинга прибрежной полосы Каспийского моря в Республике Калмыкия;
- ФГБУ «Средволгаводхоз».

Проектные и научные организации занимаются изучением водных объектов, сбором данных и их обработкой, разработкой планов использования водных ресурсов и их охраны, проектированием водохозяйственных систем. В состав данных организаций входят, например, Донской бассейновый информационно-аналитический водохозяйственный центр, ФГУ по мониторингу водных объектов бассейнов рек Белой и Урала, Центр изучения, использования и охраны водных ресурсов Кабардино-Балкарской Республики, Центр Российского регистра гидротехнических сооружений и государственного водного кадастра, Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Также в структуру Росводресурсов входит 51 подведомственная организация, чья деятельность направлена на управление и изучение водохозяйственного комплекса России и его объектов.

Основной единицей управления в области использования и охраны водных объектов являются бассейновые округа, которые состоят из речных бассейнов и связанных с ними подземных водных объектов и морей.



Рис. 7.2. Расположение бассейновых округов на территории России

В России установлен двадцать один бассейновый округ (рис. 7.2): 1) Балтийский; 2) Баренцево-Беломорский; 3) Двинско-Печорский; 4) Днепровский; 5) Донской; 6) Кубанский; 7) Западно-Каспийский; 8) Верхневолжский; 9) Окский; 10) Камский; 11) Нижневолжский; 12) Уральский; 13) Верхнеобский; 14) Иртышский; 15) Нижнеобский; 16) Ангаро-Байкальский; 17) Енисейский; 18) Ленский; 19) Анадыро-Колымский; 20) Амурский; 21) Крымский (установлен в 2016 году, после присоединения Крыма).

Границы бассейновых округов утверждаются в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Тема 7.4. Водное хозяйство и водохозяйственный комплекс (ВХК)

Водное хозяйство — отрасль экономики, занимающаяся разработкой вопросов водообеспечения, водоотведения, охраны водных ресурсов и борьбы с негативным воздействием вод.

Цель водного хозяйства — это обеспечение водой отраслей экономики для планомерного их развития, на основе рационального использования, охраны и восстановления водных ресурсов.

Водохозяйственный комплекс (ВХК) — совокупность отраслей экономики, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна.

Водохозяйственные комплексы позволяют:

- обеспечивать потребности населения, промышленности и сельского хозяйства, речного судоходства и рыбного хозяйства в водных ресурсах;
- защищать населенные пункты и объекты экономики от наводнений и других видов вредного воздействия вод.

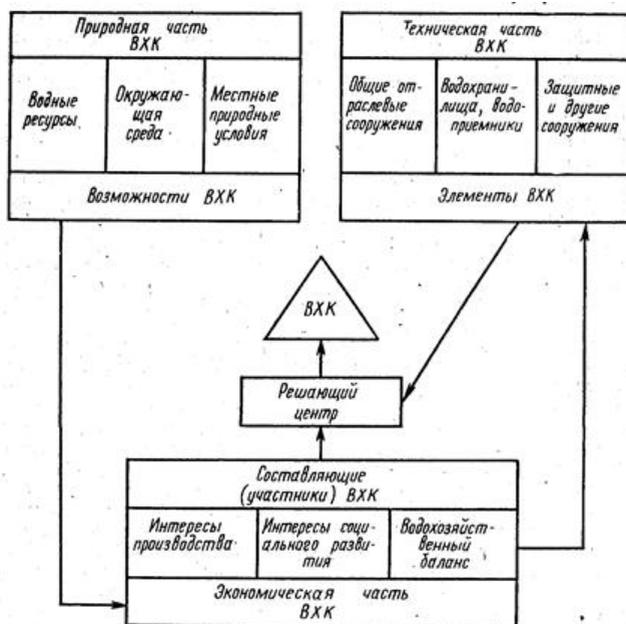


Рис. 7.3. Схема ВХК бассейна реки

В состав водохозяйственного комплекса входят (рис. 7.3):

- водные объекты (реки, озёра, подземные воды),
- объекты экономики (городское и сельское коммунально-бытовое хозяйство, промышленные и сельскохозяйственные предприятия, рекреационные учреждения, объекты энергетики и т. д.).

Водохозяйственные комплексы позволяют решать следующие задачи.

1. Эффективное использование водных ресурсов и осуществление мероприятий по охране водных объектов на основе:

- совершенствования системы мониторинга;
- комплексного управления водными ресурсами по бассейновому принципу;
- планирования развития водного хозяйства, включая разработку схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), предусматривающих решение водохозяйственных проблем исходя из перспектив социально-экономического развития и научно обоснованных нормативов допустимого воздействия (НДВ) на водные объекты;
- совершенствования правовых основ управления водными ресурсами;
- расширения научных исследований по проблемам рационального использования и охраны водных ресурсов, восстановления и сохранения водных экосистем;
- проведения мероприятий по предотвращению и устранению последствий вредного воздействия вод.

2. Удовлетворение потребностей населения и объектов экономики в водных ресурсах за счет:

- модернизации, реконструкции и строительства водохозяйственных систем;
- надежности функционирования систем водоснабжения и водоотведения с обеспечением подачи населению воды питьевого качества;
- создания зон санитарной охраны (ЗСО) источников питьевого водоснабжения;
- использования подземных вод для обеспечения населения питьевой водой и создания на их основе резервных источников водоснабжения поселений;

– совершенствования систем водоснабжения в целях уменьшения потерь воды и снижения отъема свежей воды из источников водоснабжения.

3. Улучшение качества водных ресурсов и экологического состояния водных объектов путем:

- контроля над использованием и охраной водных объектов;
- совершенствования систем канализации и очистки сточных вод;
- обустройства водоохраных зон (ВОЗ) водных объектов.

4. Защита от наводнений и другого вредного воздействия вод путем:

- районирования территорий по степени и силе опасности проявления вредного воздействия вод;
- установления специальных режимов хозяйственной деятельности в зонах опасности;
- строительства объектов инженерной защиты;
- совершенствования методов прогнозирования паводков и наводнений и развития системы оповещения о них.

5. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений за счет:

- повышения эффективности надзора за безопасностью гидротехнических сооружений;
- проведения реконструкции, своевременного ремонта сооружений;
- повышения квалификации персонала, обслуживающего гидротехнические сооружения.

6. Развитие научно-технического и экономического сотрудничества с зарубежными странами и международными организациями в области использования и охраны трансграничных водных объектов, управления водохозяйственным комплексом, совершенствования водного законодательства, а также разработки технических регламентов и стандартов в сфере водохозяйственной деятельности.

Классификация водохозяйственных комплексов позволяет дать их характеристику по ряду отличительных признаков:

- масштабу и государственной важности объекта;
- основному направлению использования водных ресурсов;
- сложности в плане количества отраслей, использующих воду, и гидротехнических сооружений.

Классификация ВХК очень важна, так как позволяет не только представить сложность работ, но и предложить основные направления по разработке водохозяйственных мероприятий.

Межгосударственный ВХК образуется в случае использования одного водного объекта несколькими государствами. Например, реки Тобол, Большой Узень (рис. 7.4) и Малый Узень (рис. 7.5) протекают по территории России и Республика Казахстан. Река Обь проходит по территории Китая, Республики Казахстан и России.



Рис. 7.4. Трансграничная река Большой Узень



Рис. 7.5. Трансграничная река Малый Узень

Государственный ВХК формируется для страны в целом. ВХК России включает около 65 тыс. водохозяйственных объектов, в том числе около 30 тыс. водохранилищ и прудов общим объёмом более 800 км³, 37 систем межбассейнового перераспределения водных ресурсов по каналам общей протяженностью около 3 тыс. километров и объёмом перебрасываемого в вододефицитные районы стока более 17 км³ в год.

Региональные ВХК формируются с учетом административных территориальных образований и границ водохозяйственных объектов, например: Московско-Окский ВХК, ВХК Северо-Западного региона, ВХК Волжского бассейна.

Бассейновые ВХК формируются в пределах водосборного бассейна реки (ВХК бассейна реки Камы, ВХК бассейна реки Оки).

ВХК участка бассейна реки формируется в пределах территории расположения гидроузла и зоны обслуживания отраслей экономики его водой с учетом зоны влияния на окружающую среду. Например, ВХК Карамышевского гидроузла (река Москва, район Серебряного Бора), ВХК Саяно-Шушенского гидроузла.

Классификация водохозяйственных комплексов, связанная с направлением их использования, отражает интересы основных отраслей экономики, ради которых создается ВХК. Например, энергетический водохозяйственный комплекс предназначен в первую очередь для выработки электроэнергии с помощью ГЭС; промышленный ВХК — для обеспечения водой промышленных предприятий; природоохранный ВХК — для улучшения экологической обстановки на территории речных бассейнов.

Отрасли экономики, входящие в состав водохозяйственного комплекса, называются участниками водохозяйственного комплекса.

Участники ВХК делятся на две группы: водопотребители и водопользователи.

Водопотребители — участники ВХК, забирающие воду из источника водоснабжения и возвращающие ее в меньшем количестве и худшего качества.

Водопользователи — участники ВХК, использующие водные ресурсы в пределах водного объекта.

К водопотребителям относятся городское и сельское комму-

нально-бытовое хозяйство, промышленность, животноводство, тепловые и атомные электростанции, гидроаккумулирующие и деривационные ГЭС, орошение, рыбное прудовое хозяйство, рекреационные учреждения (санатории, пансионаты, оздоровительные лагеря, дачные участки).

Водопользователями являются гидроэлектростанции, расположенные в русловой или пойменной части реки, водный транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство на базе естественных водоемов и водохранилищ, рекреация, представленная массовым отдыхом на воде, водными видами спорта, природоохранный комплекс.

Участники ВХК имеют индивидуальные особенности и предъявляют определенные требования к водным ресурсам. Следует отметить, что природоохранные мероприятия в силу их современной приоритетности также выделяются в качестве участника ВХК.

Требования охраны природы предусматривают сохранение природных объектов, создание условий для устойчивого развития водных экосистем, подвергающихся антропогенному воздействию. Для этого необходимо изучить условия формирования стока на территории водосборной площади, учитывать экологические процессы функционирования всех компонентов окружающей среды.

Тема 7.5. Водохозяйственное районирование

Водохозяйственное районирование территории РФ предназначено для разработки схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО). Районирование осуществляется на основе информации по гидрографическим единицам бассейновых округов (речной бассейн и подбассейн реки, впадающей в главную реку бассейна).

Схемы комплексного использования и охраны водных объектов разрабатываются федеральным органом исполнительной власти, рассматриваются бассейновыми советами, утверждаются для каждого речного бассейна и являются обязательными для органов государственной власти, органов местного самоуправления.

СКИОВО включают систематизированные материалы о состоянии водных объектов и об их использовании и являются основой осу-

ществления водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов, расположенных в границах речных бассейнов.

Схемы комплексного использования и охраны водных объектов разрабатываются в целях:

- определения допустимой антропогенной нагрузки на водные объекты;
- определения потребностей в водных ресурсах в перспективе;
- обеспечения охраны водных объектов;
- определения основных направлений деятельности по предотвращению негативного воздействия вод.

Схемами комплексного использования и охраны водных объектов устанавливаются:

1) целевые показатели качества воды в водных объектах на период действия этих схем;

2) перечень водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов;

3) водохозяйственные балансы при различных условиях водности (с учетом неравномерного распределения поверхностного и подземного стоков вод в различные периоды, территориального перераспределения стоков поверхностных вод, пополнения водных ресурсов подземных водных объектов);

4) лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и лимиты сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности;

5) квоты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности в отношении каждого субъекта РФ;

6) основные целевые показатели уменьшения негативных последствий наводнений и других видов негативного воздействия вод, перечень мероприятий, направленных на достижение этих показателей;

7) предполагаемый объём необходимых финансовых ресурсов для реализации схем комплексного использования и охраны водных объектов.

Гидрографические единицы делятся на водохозяйственные участки (рис. 7.6).

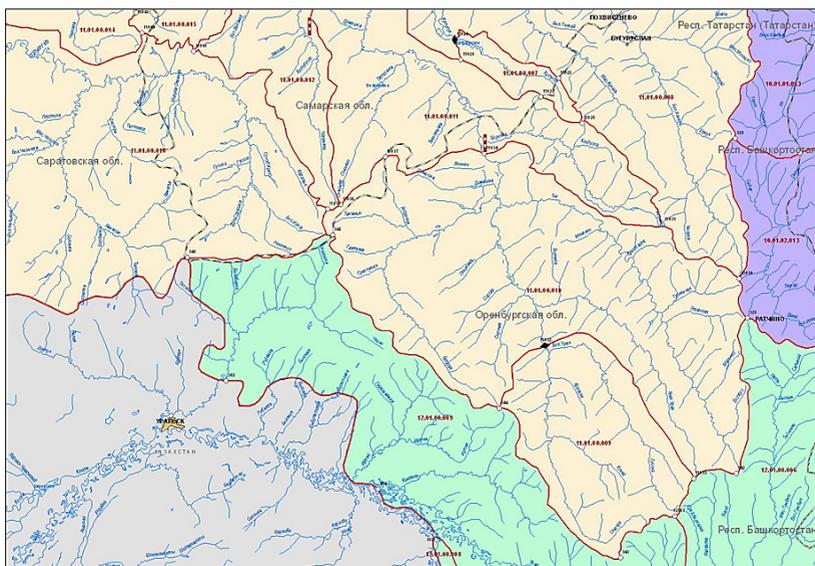


Рис. 7.6. Выделение водохозяйственного участка и его водосборной территории

Водохозяйственный участок — часть речного бассейна, имеющая характеристики, позволяющие установить лимиты водозабора и параметры водопользования водного объекта. Они являются минимальными учетными единицами при составлении водохозяйственных балансов и должны быть достаточны с позиций охраны водных объектов.

Выделение водохозяйственных участков основано на гидрографо-географическом и экономико-географическом подходах к районированию территорий. Водохозяйственные участки выделяются на основе установления граничных расчетных створов с определением границ водосборной территории, сток с которой поступает к участку водотока между расчетными створами.

Выделение водохозяйственных участков и определение их границ проводится на основе топографических карт масштабом

1:1000000 и 1:200000 поэтапно, начиная с верховьев речной сети гидрографической единицы и заканчивая замыкающими створами водных объектов:

- 1) выделяются водосборные территории поверхностных водных объектов (устьевые створы);
- 2) устанавливаются створы отдельных гидроузлов и постов наблюдений;
- 3) проводится зонирование территории гидрографической единицы по показателям плотности населения, использования и антропогенного загрязнения водных ресурсов;
- 4) осуществляется расстановка дополнительных граничных расчетных створов.

На топографическую основу территории гидрографической единицы, содержащую рельеф, гидрографическую сеть, населенные пункты, накладываются показатели антропогенной нагрузки на водные объекты, а также сведения о гидрологических пунктах наблюдений, гидротехнических сооружениях и крупных водопользователях.

Выводы

1. Управление водным хозяйством России осуществляет Федеральное агентство водных ресурсов Министерства природных ресурсов и экологии РФ. В его ведении находятся территориальные органы, в том числе бассейновые водные управления (БВУ), федеральные государственные учреждения (ФГУ), научно-исследовательские и проектно-изыскательские институты.
2. Главная цель Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсы) – устойчивое водопользование при сохранении водных экосистем, а также обеспечение безопасности населения и объектов экономики от негативного воздействия вод.
3. Основной единицей управления в области использования и охраны водных объектов являются бассейновые округа, которые состоят из речных бассейнов и связанных с ними подземных водных объектов.
4. Водохозяйственные комплексы (ВХК) представляют совокупность отраслей экономики и предназначены для совместного использования водных ресурсов одного водного бассейна.

5. Водохозяйственное районирование территории России предназначено для разработки схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), которые являются обязательными для органов государственной власти и органов местного самоуправления.

Контрольные вопросы

1. Какой федеральный орган в настоящее время управляет водными ресурсами России?
2. Когда в России были предприняты первые шаги по управлению объектами водного хозяйства?
3. В каком году было создано Управление водного хозяйства при Министерстве сельского хозяйства РСФСР? В каком году был создан Государственный комитет Совета Министров РСФСР по использованию и охране поверхностных и подземных вод?
4. Какие цели и задачи стоят перед Федеральным агентством водных ресурсов России?
5. Какие полномочия осуществляет Федеральное агентство водных ресурсов?
6. Какая государственная организация является заказчиком федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса России»?
7. Какие организации находятся в ведении Федерального агентства водных ресурсов?
8. Какая основная единица управления в области использования и охраны водных объектов?
9. Сколько бассейновых округов расположено на территории России?
10. Какая отрасль экономики занимается разработкой вопросов водообеспечения, водоотведения, охраны водных объектов и борьбы с негативным воздействием вод?
11. Что представляет собой водохозяйственный комплекс (ВХК) и для чего он предназначен?
12. Какие объекты входят в состав водохозяйственного комплекса?

13. Какие задачи позволяют решать водохозяйственные комплексы?
14. Для чего предназначено водохозяйственное районирование территории России?
15. Что включают схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО)?
16. С какой целью разрабатываются схемы комплексного использования и охраны водных объектов?
17. Что устанавливают для бассейна водного объекта схемы комплексного использования и охраны водных объектов?
18. Чем отличаются лимиты забора воды от квот забора воды?
19. Что понимается под целевыми показателями качества воды водных объектов в СКИОВО?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебном пособии авторы попытались найти наиболее доступные формы изложения достаточно большого и сложного материала, ознакомить с современным состоянием и проблемами использования и защиты водных ресурсов, а также показать необходимость их изучения.

Учебное пособие задумано как самоучитель по рациональному использованию и инженерно-экологической защите водной среды. В каждом из семи модулей в доступной форме представлен материал для изучения, приводятся основные выводы и даются контрольные вопросы для проверки приобретенных знаний.

Учебное пособие написано и построено таким образом, чтобы студент самостоятельно мог разобраться в терминах, понятиях, теории вопроса и других нюансах предмета. Последовательность изложения материала вполне логична: вначале раскрываются физические, химические и биологические свойства воды как самого уникального вещества планеты, далее авторы переходят к вопросам описания гидросферы, использования водных ресурсов и охраны водных объектов. Авторы полагают, что такое изложение и расположение материала будет способствовать его лучшему пониманию и усвоению.

Данное учебное пособие поможет студентам овладеть методологией водных исследований, навыками системного анализа водохозяйственных проблем общества, современными методами организации и ведения мониторинга, водного кадастра и водного реестра, актуальными методиками расчета и анализа антропогенной нагрузки на водные объекты, навыками самостоятельной работы. Авторы надеются, что пособие вызовет у студентов научный интерес и пробудит в них творческий подход в освоении новых знаний в области гидросферы Земли. Авторы будут благодарны читателям за замечания и предложения как по улучшению содержания учебного пособия, так и по форме изложения материала.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Что такое водные ресурсы и каковы их основные характеристики?
2. Составляющие круговорота воды в природе.
3. Основные физико-химические свойства воды.
4. Как осуществляется расчет фоновых показателей качества вод?
5. Отличия в формировании поверхностного и подземного водного стока.
6. Физико-химические свойства воды, которые могут быть использованы в перспективе.
7. Что означает кратность разбавления сточных вод?
8. Какова роль антропогенной составляющей в формировании поверхностного и подземного стока?
9. Классификация водных ресурсов.
10. Основные принципы расчета нормативов допустимого сброса (НДС) загрязняющих веществ в составе сточных вод.
11. Основные гидрологические характеристики и их использование в водохозяйственных расчетах.
12. Понятие об информации в водном хозяйстве и определение потребностей в информации.
13. Основные положения разработки нормативов допустимого воздействия (НДВ) на водные объекты.
14. Водообеспеченность в различных регионах мира.
15. Мероприятия по охране водных объектов от диффузных (рассредоточенных) источников загрязнения.
16. Основная цель разработки схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО).
17. Изменение водных ресурсов под влиянием хозяйственной деятельности.
18. Составляющие водохозяйственных балансов.
19. Чем отличаются фоновые и условно фоновые показатели качества воды?
20. С какой целью применяют интегральные показатели качества вод?
21. Достоверность информации при использовании автоматизированных информационных систем.
22. Платность водопользования (водный налог и плата за загрязнение).

23. Гидрохимические, гидробиологические и другие характеристики качества вод.
24. Виды и особенности использования водных ресурсов.
25. Чем отличается государственный и ведомственный мониторинг водных объектов?
26. Какие данные по водным объектам включаются в водный реестр?
27. Какие водопользователи используют воду без изъятия из источника?
28. Закономерности безвозвратного водопотребления и потери воды.
29. Какова необходимость ведения водного кадастра?
30. Чем отличается водный и водохозяйственный балансы водного объекта?
31. Динамика и структура использования воды в регионах мира.
32. Критерии эффективного управления водным хозяйством.
33. Ограничения сброса сточных вод в водные объекты.
34. Классификация и назначение водохозяйственных балансов.
35. Необходимость и краткая история развития международного сотрудничества по водным проблемам.
36. Исходные данные для составления водохозяйственных балансов.
37. Мероприятия по предотвращению и сокращению загрязнения водных объектов от точечных (сосредоточенных) источников воздействия.
38. Состав и качество промышленных сточных вод.
39. Основные используемые физико-химические свойства воды.
40. Мероприятия по сокращению потребности в воде.
41. Оценка трансграничного воздействия на водные ресурсы и качество вод.
42. Водная рамочная директива Европейского союза.
43. Основные принципы управления водными ресурсами.
44. Связь между водным кадастром и мониторингом водных объектов.
45. Нормирование водопользования и разрешение на специальное водопользование.
46. Конфликты при использовании трансграничных водных объектов и основные принципы международного сотрудничества.

47. Экономические механизмы управления водными ресурсами.
48. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер.
49. Противоаварийные и противоселевые мероприятия.
50. Приоритетные водохозяйственные и водоохранные мероприятия в бассейнах крупных и малых рек.
51. Международные программы и проекты по бассейнам трансграничных рек.
52. Общее и специальное водопользование.
53. Какие основные характеристики водных ресурсов выделяются в связи с территориальным делением России?
54. Дайте характеристику поверхностным водным ресурсам: болотам, ледникам, озерам, рекам, водохранилищам.
55. Что относится к подземным водным ресурсам и каковы их основные характеристики?
56. Структура безвозвратного водопотребления по регионам России.
57. Безвозвратное водопотребление из поверхностных водных объектов по регионам России.
58. Доля загрязненных сточных вод по регионам.
59. Что такое гидроэнергопотенциал? Каким потенциалом располагает Россия?
60. Использование поверхностных и подземных вод.
61. Обеспеченность регионов России водой.
62. Достоинства и недостатки использования поверхностных и подземных вод.
63. Какие методы используются для оценки качества воды, каковы их достоинства и недостатки?
64. На чём основана связь гидрохимических, гидробиологических и гидрологических показателей качества воды?
65. Что собой представляет Государственный водный реестр?
66. Как оценивается качество поверхностных вод по регионам России?
67. Качество воды в поверхностных и подземных источниках водоснабжения.
68. Качественный состав промышленных и ливневых сточных вод.
69. Загрязненность поверхностных вод России.

70. Критерии удовлетворения потребности в воде.
71. Что такое восстановленный сток, как он определяется и для чего используется?
72. Цели и задачи водохозяйственного районирования территорий.
73. Какие основные характеристики водных ресурсов выделяются в связи с территориальным делением России?
74. Назовите и поясните принципы водохозяйственного районирования.
75. Что такое водохозяйственный комплекс?
76. Как классифицируются водохозяйственные комплексы?
77. Что входит в состав водохозяйственного комплекса (ВХК)?
78. Определение участников ВХК.
79. Классификация участников ВХК.
80. Что представляет собой природоохранный водохозяйственный комплекс?
81. Чем отличается природоохранный ВХК от других водохозяйственных комплексов?
82. Назовите и поясните принципы водохозяйственного районирования.
83. Структура управления водными ресурсами в России.
84. Схема принятия решения в водном хозяйстве.
85. Какие федеральные округа выделяются на территории России, чем они отличаются?
86. Основные цели развития водохозяйственного комплекса России.
87. Основная единица управления водными ресурсами в России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия : монография / Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева, Г.М. Черногаева [и др.] ; отв. ред.: Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева ; Российская академия наук, Институт географии. — Москва : Наука, 2003 — 366, [1] с. — ISBN 5-02-033054-X. — Текст : непосредственный.
2. Беспалова, К.В. Состояние источников водоснабжения в условиях антропогенного эвтрофирования водохранилищ / К.В. Беспалова. — Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. — 2016. — № 11. — С. 7–15.
3. Беспалова, К.В. Устойчивое водоснабжение городского населения в условиях «цветения воды» на водохранилищах Волги (на примере г. о. Тольятти) / К.В. Беспалова, А.В. Селезнева, В.А. Селезнев. — Текст : непосредственный // Водоочистка. — 2016. — № 6. — С. 16–21.
4. Будыко, М.И. Изменения климата / М.И. Будыко. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1974. — 280 с. — Текст : непосредственный.
5. Водоподготовка : справочник для профессионалов / авт.-сост.: Е.Н. Хохрякова, Я.Е. Резник ; под ред. С.Е. Беликова. — Москва : Аква-Терм, 2007. — 239 с. — (Библиотека «Аква-Терм»). — ISBN 978-5-902561-09-5. — Текст : непосредственный.
6. Вуглинский, В.С. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР / В.С. Вуглинский. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1991. — 222, [1] с. — ISBN 5-296-00604-3. — Текст : непосредственный.
7. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Куйбышевское и Саратовское водохранилища / Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР [и др.] ; под ред. В.А. Знаменского и П.Ф. Чигиринского. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1978. — 268 с. — Текст : непосредственный.
8. Григорьев, Е.Г. Водные ресурсы России: проблемы и методы государственного регулирования = Water resources of Russia: problems and methods of state regulation / Е.Г. Григорьев ; Министерство экономи-

- ческого развития и торговли Российской Федерации [и др.]. — Москва : Научный мир, 2007. — 237 с. — ISBN 978-5-89176-465-1. — Текст : непосредственный.
9. Изменение климата и водные ресурсы : технический документ VI МГЭИК / Б.К. Бэйтс, З.В. Кундцевич, С. У [и др.] ; ред.: Б.К. Бэйтс [и др.] ; Межправительственная группа экспертов по изменению климата. — Женева : [б. и.], 2008. — 228 с. — ISBN 978-92-9169-423-5. — Текст : непосредственный.
 10. Колобаев, А.Н. Рациональное использование и охрана водных ресурсов : учеб. пособие / А.Н. Колобаев ; Белорусский национальный технический университет. — Минск : БНТУ, 2005. — 170, [1] с. — ISBN 985-479-263-3. — Текст : непосредственный.
 11. Кондратьев, С.А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования / С.А. Кондратьев ; Российская академия наук, Институт озероведения. — Санкт-Петербург : Наука, 2007. — 252, [1] с. — ISBN 978-5-02-025171-7. — Текст : непосредственный.
 12. Маркин, В.Н. Комплексное использование водных ресурсов и охрана водных объектов. Часть 1 : учеб. пособие / В.Н. Маркин, Л.Д. Раткович, С.А. Соколова ; Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева. — Москва : МГУП, 2015. — 312 с. — Текст : непосредственный.
 13. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод : монография / А.В. Караушев, Б.Г. Скакальский, А.Я. Шварцман [и др.] ; под ред. А.В. Караушева ; Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, Государственный ордена Трудового Красного Знамени гидрологический институт. — 2-е изд., перераб. и доп. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1987. — 288 с. — Текст : непосредственный.
 14. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / О.А. Анисимов, С.В. Борщ, В.Ю. Георгиевский [и др.] ; Институт глобального климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академии наук. — Москва : Планета, 2012. — 512 с. — ISBN 978-5-904206-10-9. — Текст : непосредственный.

15. Михайлов, С.А. Диффузное загрязнение водных экосистем : методы оценки и математические модели : аналитический обзор / С.А. Михайлов ; отв. ред.: А.А. Атавин, А.Ф. Воеводин ; Российская академия наук, Сибирское отделение [и др.]. – Барнаул : День, 2000. – 131, [2] с. – (Экология ; вып. 56). – ISBN 5-87028-064-8. – Текст : непосредственный.
16. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Том 1. РСФСР. Выпуск 24. Бассейны рек Волги (среднее и нижнее течение) и Урала / Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, Приволжское территориальное управление по гидрометеорологии и контролю природной среды ; сост. М.С. Азманов [и др.]. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1985. – 517, [2] с. – (Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 3. Многолетние данные). – Текст : непосредственный.
17. Научно-прикладной справочник «Многолетние характеристики притока воды в крупнейшие водохранилища РФ» / Т.Э. Литова, Л.П. Алексеев, Т.В. Фуксова, К.А. Дубровская ; под ред. Ю.Георгиевского ; Государственный гидрологический институт. – Санкт-Петербург : ГГИ, 2017. – 131 с. – ISBN 978-5-9907194-5-3. – Текст : непосредственный.
18. Научно-прикладной справочник по климату СССР, Гидрометеоиздат, Л., 1990. Серия 3. Многолетние данные.
19. Никаноров, А.М. Комплексная оценка качества поверхностных вод суши / А.М. Никаноров, В.П. Емельянова. – Текст : непосредственный // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 1. – С. 61–69.
20. Никаноров, А.М. Научные основы мониторинга качества вод : монография / А.М. Никаноров ; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Гидрохимический институт. – Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 2005. – 574, [2] с. – ISBN 5-286-01512-3. – Текст : непосредственный.
21. Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы = Evaluation of the impact of the superficial water regime changes on terrestrial ecosystems / Н.М. Новикова, Н.А. Волкова, О.Г. Назаренко [и др.] ; отв. ред. Н.М. Новикова ; Институт

- водных проблем РАН. — Москва : Наука, 2005. — 365, [1] с. — ISBN 5-02-033732-3. — Текст : непосредственный.
22. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / А.В. Рождественский, В.Е. Водограцкий, А.П. Копылов [и др.] ; Государственный гидрологический институт. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. — 447 с. — Текст : непосредственный.
 23. Селезнев, В.А. Антропогенное эвтрофирование крупных водохранилищ Нижней и Средней Волги в условиях глобального потепления климата (проблема и пути решения) / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева, К.В. Беспалова. — Текст : непосредственный // Глобальное распространение процессов антропогенного эвтрофирования водоемов = Global distribution processes of anthropogenic eutrophication of water bodies: problems and solutions: материалы международной научно-практической конференции, Казань, 18–19 мая 2017 года / сост. Н.Ю. Степанова. — Казань : Волга, 2017. — С. 151–156.
 24. Селезнев, В.А. Водоснабжение из эвтрофированных источников (проблемы и пути решения) / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева, К.В. Беспалова. — Текст : непосредственный // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. — 2014. — № 6. — С. 66–70.
 25. Селезнев, В.А. Оценка воздействия точечного источника загрязнения на качество вод водохранилища / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева. — Текст : непосредственный // Водные ресурсы. — 1999. — № 3. — С. 501–511.
 26. Селезнев, В.А. Разработка бассейновых нормативов качества воды (на примере водных объектов Нижней Волги) / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева, К.В. Беспалова. — Текст : непосредственный // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2013. — № 2. — С. 42–53.
 27. Селезнева, А.В. Массовое развитие водорослей на водохранилищах р. Волги в условиях маловодья / А.В. Селезнева, В.А. Селезнев, К.В. Беспалова. — Текст : непосредственный // Поволжский экологический журнал. — 2014. — № 1. — С. 88–96.
 28. Селезнева, А.В. Опыт экологического нормирования биогенной нагрузки на примере Саратовского водохранилища / А.В. Селезнева, В.А. Селезнев. — Текст : непосредственный // Изве-

- стия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2011. — Т. 13, № 5. — С. 26–31.
29. Селезнева, А.В. Разработка методологических подходов к оценке диффузного загрязнения крупных водохранилищ Волги (на примере Саратовского водохранилища) / А.В. Селезнева, К.В. Беспалова. — Текст : непосредственный // Вода Magazine. — 2018. — № 7. — С. 28–35.
30. Селезнева, А.В. Содержание растворенного неорганического фосфора в воде Куйбышевского водохранилища / А.В. Селезнева, К.В. Беспалова, В.А. Селезнев. — Текст : непосредственный // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2018. — № 2. — С. 35–45.
31. Селезнева, А.В. Формирование качества воды волжских водохранилищ при аномальных погодных условиях / А.В. Селезнева, К.В. Беспалова, В.А. Селезнев. — Текст : непосредственный // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2013. — № 5. — С. 4–14.
32. Селезнева А.В. Экологическое нормирование антропогенной нагрузки на водные объекты. — Самара : СНЦ РАН, — 2007. — 107 с.
33. Технический справочник по обработке воды. В 2 томах. Том 1 : перевод с французского / науч. ред.: М.И. Алексеев [и др.]. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Новый журнал, 2007. — XII, 774, [41] с. — ISBN 5901336054. — Текст : непосредственный.
34. Хрисанов, Н.И. Управление эвтрофированием водоемов / Н.И. Хрисанов, Г.К. Осипов. — Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 1993. — 276, [2] с. — ISBN 5-286-00663-9. — Текст : непосредственный.
35. Шикломанов, И.А. Антропогенные изменения водности рек / И.А. Шикломанов. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1979. — 302 с. — Текст : непосредственный.

Перечень законов и нормативных документов

1. Российская Федерация. Законы. Водный кодекс Российской Федерации : ВК : принят Государственной Думой 12 апреля 2006 года : одобрен Советом Федерации 26 мая 2006 года. — Текст : непосредственный // Российская газета. — 2006. — 8 июня.
2. Российская Федерация. Законы. О водоснабжении и водоотведении : Федеральный закон № 416-ФЗ : принят Государственной Думой 23 ноября 2011 года : одобрен Советом Федерации 29 ноября 2011 года. — Текст : непосредственный // Российская газета. — 2011. — 10 декабря.
3. Российская Федерация. Законы. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения : Федеральный закон № 52-ФЗ : принят Государственной Думой 12 марта 1999 года : одобрен Советом Федерации 17 марта 1999 года. — Текст : непосредственный // Российская газета. — 1999. — 6 апреля.
4. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : Федеральный закон № 7-ФЗ : принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года. — Текст : непосредственный // Российская газета. — 2002. — 12 января.
5. Российская Федерация. Законы. Об экологической экспертизе : Федеральный закон № 174-ФЗ : принят Государственной Думой 19 июля 1995 года : одобрен Советом Федерации 15 ноября 1995 года. — Текст : непосредственный // Российская газета. — 1995. — 30 ноября.
6. Российская Федерация. Законы. Специальный технический регламент «О питьевой воде и питьевом водоснабжении» : проект № 284071-4 / внесен членами Совета Федерации С.Ю. Орловой [и др.]. — Текст : электронный // Консультант Плюс : справочно-правовая система. — URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 22.07.2021).
7. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод : санитарные правила и нормы : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 22 июня 2000 года : дата введения 1 января 2001 года. — Текст : непосредственный // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. — 2001. — № 2.

8. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения : санитарно-эпидемиологические правила и нормативы : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 26 сентября 2001 года : дата введения 1 января 2002 года. — Текст : непосредственный // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2001. — № 48.
9. СанПиН 2.1.4.1110-02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения : санитарные правила и нормы : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 26 февраля 2002 года : дата введения 1 июня 2002 года. — Текст : непосредственный // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2002. — № 19.
10. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы : санитарно-эпидемиологические правила и нормативы : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 16 апреля 2003 года : дата введения 15 июня 2003 года. — Текст : непосредственный // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2003. — № 29.
11. СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения : утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 04.07.1988.
12. ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 16 сентября 1977 г. № 2237 : дата введения 1978-07-01 / разработан Всесоюзным научно-исследовательским институтом по охране вод (ВНИИВО). — Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. — URL: docs.cntd.ru/document/1200009357 (дата обращения: 20.07.2021).
13. ГОСТ 24481—80. Вода питьевая. Отбор проб : государственный стандарт Союза ССР : издание официальное : утвержден и введен

- в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29 декабря 1980 г. № 6043 : дата введения 1982-01-01 / разработан Министерством здравоохранения СССР. — Москва : Издательство стандартов, 1981. — 4 с. — Текст : непосредственный.
14. ГОСТ 2874—82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством : государственный стандарт Союза ССР : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 18 октября 1982 г. № 3989 : дата введения 1985-01-01 / разработан Министерством здравоохранения СССР. — Москва : Издательство стандартов, 1982. — 8 с. — Текст : непосредственный.
 15. ГОСТ 2761—84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 27 ноября 1984 г. № 4013 : дата введения 1986-01-01 / разработан Министерством здравоохранения СССР. — Москва : Издательство стандартов, 2001. — 11 с. — Текст : непосредственный.
 16. ГОСТ Р 51232—98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества : государственный стандарт Российской Федерации : издание официальное : принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 17 декабря 1998 г. № 449 : введен впервые : дата введения 1999-07-01 / разработан Техническим комитетом по стандартизации ТК 343 «Качество воды» (ВНИИстандарт, МосводоканалНИИпроект, ГУП ЦИКВ, УНИИМ, НИИЭЧГО им. А.Н. Сысина ГИЦПВ). — Москва : Издательство стандартов, 1999. — III, 18 с. — Текст : непосредственный.
 17. ГОСТ 31861—2012. Вода. Общие требования к отбору проб : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. № 1513-ст : введен впервые : дата введения 2014-01-01 / подготовлен обществом с ограниченной ответственностью «Протектор» совмест-

- но с закрытым акционерным обществом «Центр исследования и контроля воды». — Москва : Стандартинформ, 2013. — IV, 31, [1] с. — Текст : непосредственный.
18. ГОСТ Р 56059—2014. Производственный экологический мониторинг. Общие положения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июля 2014 г. № 708-ст : введен впервые : дата введения 2015-01-01 / разработан открытым акционерным обществом «Федеральный центр геоэкологических систем». — Москва : Стандартинформ, 2014. — 4, [1] с. — Текст : непосредственный.
 19. ГОСТ Р 56062—2014. Производственный экологический контроль. Общие положения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июля 2014 г. № 711-ст : введен впервые : дата введения 2015-01-01 / разработан открытым акционерным обществом «Федеральный центр геоэкологических систем». — Москва : Стандартинформ, 2014. — 5, [1] с. — Текст : непосредственный.
 20. ГОСТ Р 56063—2014. Производственный экологический мониторинг. Требования к программам производственного экологического мониторинга : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июля 2014 г. № 712-ст : введен впервые : дата введения 2015-01-01 / разработан открытым акционерным обществом «Федеральный центр геоэкологических систем». — Москва : Стандартинформ, 2014. — 4 с. — Текст : непосредственный.
 21. ГОСТ Р 57164—2016. Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 октября 2016 г. № 1412-ст : введен впервые : дата введения 2018-01-01 / разработан Техническим коми-

- тетом по стандартизации ТК 343 «Качество воды» и ЗАО «Центр исследования и контроля воды». — Москва : Стандартиформ, 2016. — 17 с. — Текст : непосредственный.
22. ГОСТ Р 56828.32—2017. Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Методологии идентификации : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 августа 2017 г. № 854-ст : введен впервые : дата введения 2017-12-01 / Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий» (ФГУП «ВНИИ СМТ») совместно с индивидуальным предпринимателем «Боравская Татьяна Васильевна». — Москва : Стандартиформ, 2017. — VI, 47 с. — Текст : непосредственный.
23. Р 52.24.309—2004. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета : рекомендации : издание официальное : утверждены Росгидрометом 28 октября 2004 года : взамен РД 52.24.309-92 : дата введения 2006-01-01 / разработан государственным учреждением «Гидрохимический институт» (ГУ ГХИ) Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). — Москва : Метеоагентство Росгидромета, 2005. — VI, 128 с. — Текст : непосредственный.
24. РД 52.24.622-2001. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков : руководящий документ : утвержден Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды : взамен «Временных методических указаний по расчету фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков» : дата введения 2002-01-01 / разработан Гидрохимическим институтом. — Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 2001. — IV, 63 с. — Текст : непосредственный.
25. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям : руководящий документ : утвержден

- и введен в действие Росгидрометом 3 декабря 2002 года : взамен «Методических рекомендаций по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» : дата введения 2004-01-01 / разработан Гидрохимическим институтом (ГХИ) Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). — Ростов-на-Дону : [Росгидромет], 2002. — V, 49 с. — Текст : непосредственный.
26. РД 52.24.622-2017. Порядок проведения расчета условных фоновых концентрация химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод : руководящий документ : утвержден Росгидрометом 13 июня 2017 года : взамен РД 52.24.622-2001 «Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков» : дата введения 2017-09-01 / разработан федеральным государственным бюджетным учреждением «Гидрохимический институт» (ФГБУ «ГХИ»). — Ростов-на-Дону : Росгидромет, 2017. — III, 96 с. — Текст : непосредственный.
27. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик : свод правил : издание официальное : одобрен Постановлением Госстроя Российской Федерации от 26 декабря 2003 г. № 218 : взамен СНиП 2.01.14-83 / разработан Государственным гидрологическим институтом (ГГИ) Росгидромета [и др.] ; науч. рук. А.В. Рождественский ; отв. исполнители: В.А. Бузин [и др.]. — Москва : Госстрой России, 2004. — II, 73 с. — ISBN 5-88111-162-1. — Текст : непосредственный.
28. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 : свод правил : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 г. № 275 : дата введения 2013-01-01 / исполнитель: федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН) [и др.]. — Москва : Минстрой России, 2015. — IV, 119, [1] с. — Текст : непосредственный.

29. ГН 2.1.5.689-98. 2.1.5. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования : гигиенические нормативы : утверждены и введены в действие Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 4 марта 1998 г. № 9 : взамен перечня «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» ГН 2.1.5.585а-96 : дата введения 1998-03-04 / подготовлен с участием Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Минздраве России [и др.]. — Москва : Минздрав России, 1998. — Текст : непосредственный.
30. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования : гигиенические нормативы : издание официальное : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации 27 апреля 2003 : дата введения 2003-06-15 / разработаны: Г.Н. Красовский, З.И. Жолдакова, Н.А. Зайцев [и др.] ; под общ. ред. Б.А. Курляндского и К.К. Сидорова. — Москва : Минздрав России, 2003. — 214 с. — Текст : непосредственный.
31. ГН 2.1.5.1316-03. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования : гигиенические нормативы : издание официальное : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации 27 апреля 2003 : дата введения 2003-06-15 / разработаны: Г.Н. Красовский, З.И. Жолдакова, Н.А. Зайцев [и др.] ; под общ. ред. Б.А. Курляндского и К.К. Сидорова. — Москва : Минздрав России, 2003. — 214 с. — Текст : непосредственный.
32. ГН 2.1.5.2307-07. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования : гигиенические

- нормативы : издание официальное : утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 19 декабря 2007 г. № 90 : введены в действие 2008-03-01 / разработаны: Г.Н. Красовский, З.И. Жолдакова, Н.А. Зайцев [и др.] ; ред. Н.Е. Аكوпова, Н.В. Кожока. — Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. — 47, [1] с. — Текст : непосредственный.
33. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей : утверждена Приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 17 декабря 2007 г. № 333. — Текст : непосредственный // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2008. — № 22.
34. Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов : утверждены Приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 4 июля 2007 г. № 169. — Текст : непосредственный // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2007. — № 38.
35. Методические указания по расчету поступления биогенных элементов в водоемы от рассредоточенных нагрузок и установлению водоохранных мероприятий : утверждены НТС Госагропрома РСФСР 17 февраля 1988 / Союзводпроект ; сост.: Н.И. Хрисанов [и др.]. — Москва : Союзводпроект, 1988. — 87 с., [2] л. табл. — Текст : непосредственный.
36. Об утверждении Методики гидрографического районирования территории Российской Федерации : Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 25 апреля 2007 г. № 112. — Текст : непосредственный // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2007. — № 28.
37. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 г.

- № 552. — Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201701160006 (дата обращения: 22.07.2021).
38. Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов : Постановление Правительства Российской Федерации от 10 апреля 2007 г. № 219. — Текст : непосредственный // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2007. — № 16. — Ст. 1921.
39. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение : утвержден приказом Государственного комитета Российской Федерации по рыболовству от 28 апреля 1999 г. № 96. — Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. — URL: docs.cntd.ru/document/1200044750 (дата обращения: 22.07.2021).
40. СТО ГГИ 52.08.40-2017. Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам Российской Федерации и спутниковым снимкам : стандарт организации : утвержден и введен в действие приказом Государственного гидрологического института Росгидромета от 30.06.2017 № 19 : введен впервые / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Государственный гидрологический институт ; разработчики: Е.В. Орлова [и др.]. — Санкт-Петербург : Офорт, 2017. — 140 с. — ISBN 978-5-9907194-7-7. — Текст : непосредственный.

ГЛОССАРИЙ

Акватория — водное пространство, ограниченное естественными, искусственными или условными границами.

Бассейн поверхностного водного объекта (бассейн водного объекта) — территория, включающая водосборные площади гидравлически связанных водоемов и водотоков, главный из которых впадает в море или озеро.

Бентос — совокупность организмов, обитающих на грунте и в грунте дна водоёмов.

Богарные земли (богара) — земли в зоне орошаемого земледелия, на которых сельскохозяйственные культуры возделывают без искусственного орошения.

Водное хозяйство — область деятельности, обеспечивающая управление:

- водными ресурсами с целью удовлетворения нужд населения и национальной экономики в воде;
- рациональным использованием водных ресурсов и их охраной от загрязнения, засорения, истощения;
- эксплуатацией водохозяйственных систем;
- предупреждением и ликвидацией вредного воздействия вод.

Водный баланс — соотношение прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за выбранный интервал времени для рассматриваемого объекта.

Водные ресурсы — пригодные для использования в национальной экономике запасы вод суши, Мирового океана, подземных вод, почвенной влаги, льдов, снежного покрова и их энергия: механическая или тепловая.

Водный кадастр — систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны с учетом размеров и форм использования вод в различных областях хозяйственной деятельности. Водный кадастр включает гидрологическую изученность основных гидрологических характеристик и ресурсы поверхностных вод.

Водопользование — использование водных объектов для удовлетворения нужд населения и национальной экономики с изъятием и без изъятия вод.

Водоснабжение — совокупность мероприятий и сооружений, обеспечивающих забор, подготовку, аккумуляцию, подачу и распределение воды для нужд населения и промышленности.

Водохозяйственный баланс — соотношение потребностей в воде с количеством и качеством имеющихся в данное время и на данной территории водных ресурсов. Водохозяйственный баланс свидетельствует о водообеспеченности бассейна; при отрицательном водохозяйственном балансе необходимы мероприятия по покрытию водного дефицита.

Водохозяйственный комплекс (ВХК) — это совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна.

Водообеспеченность — степень удовлетворения фактической потребности в воде хозяйства предприятия, орошаемой площади, отрасли народного хозяйства.

Водопользователь — гражданин или юридическое лицо, которым предоставлены права пользования водными объектами.

Водопотребитель — гражданин или юридическое лицо, получающие в установленном порядке от водопользователя воду для обеспечения своих нужд.

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.

Водохозяйственная деятельность — деятельность граждан и юридических лиц, связанная с использованием, восстановлением и охраной водных объектов.

Водосборная площадь — территория, сток с которой формирует водный объект.

Водные ресурсы — запасы поверхностных и подземных вод, находящихся в водных объектах, которые используются или могут быть использованы.

Водный объект — сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющее границы, объём и черты водного режима.

Водный режим — изменение во времени уровней, расходов и объёмов воды в водных объектах.

Водный фонд — совокупность водных объектов в пределах территории Российской Федерации, включенных или подлежащих включению в государственный водный кадастр.

Возобновляемые природные ресурсы — природные ресурсы, скорость восстановления которых сравнима со скоростью их расходования. К возобновляемым природным ресурсам относятся ресурсы биосферы, гидросферы, земельные ресурсы.

Вредное воздействие вод — затопление, подтопление и другое вредное влияние поверхностных и подземных вод на определенные территории и объекты.

Гидротехническое сооружение — сооружение для использования водных ресурсов, а также для борьбы с вредным воздействием вод.

Гидробионты — живые организмы, развивающиеся и существующие в воде и донных отложениях.

Гляциально-нивальный пояс — пояс вечных снегов и ледников, самый верхний в горах и в полярных областях, обычно выше снеговой линии, с круглогодичными отрицательными температурами воздуха.

Дренажные воды — вода, собираемая дренажными сооружениями и сбрасываемая в водные объекты.

Детрит — мертвое органическое вещество, временно исключенное из биологического круговорота элементов питания.

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.

Засорение водных объектов — сброс или поступление иным способом в водные объекты предметов или взвешенных частиц, ухудшающих состояние и затрудняющих использование водных объектов.

Изотополог — молекула, отличающаяся только по изотопному составу атомов, из которых она состоит. Изотополог имеет в своём составе по крайней мере один атом определенного химического элемента, отличающийся по количеству нейтронов от остальных.

Использование водных объектов — получение различными способами пользы от водных объектов для удовлетворения материальных и иных потребностей граждан и юридических лиц.

Истощение вод — устойчивое сокращение запасов и ухудшение качества поверхностных и подземных вод.

Комплексное использование водных ресурсов — использование водных ресурсов для удовлетворения нужд населения и различных отраслей национальной экономики, при котором находят экономически оправданное применение все полезные свойства того или иного водного объекта.

Лицензия на водопользование — специальное разрешение на пользование водными объектами или их частями на определенных условиях.

Межень — самый низкий уровень воды в реке, озере; период, когда вода в реке или озере находится на самом низком уровне.

Минимально допустимый сток — сток, при котором обеспечиваются экологическое благополучие водного объекта и условия водопользования.

Молевой сплав — транспортирование лесоматериалов по воде россыпью, не связанными между собой.

Мониторинг водных объектов — это система текущего (непрерывного), а также комплексного анализа состояния водных ресурсов. К нему относится учет и контроль качественных и количественных характеристик во времени, а также система развития и сохранения водных объектов в различных режимах применения.

Обособленный водный объект (замкнутый водоем) — небольшой по площади и непроточный искусственный водоем, не имеющий гидравлической связи с другими поверхностными водными объектами.

Охрана водных объектов — деятельность, направленная на сохранение и восстановление водных объектов.

Охрана водных ресурсов — система организационных, исследовательских, юридических, экономических и технических мер, направленных на предотвращение и устранение последствий загрязнения и истощения водных объектов.

Поверхностные воды — воды, постоянно или временно находящиеся в поверхностных водных объектах.

Поверхностный водоем — поверхностный водный объект, представляющий собой сосредоточение вод с замедленным водообменом в естественных или искусственных впадинах.

Поверхностный водоток — поверхностный водный объект с непрерывным движением вод.

Подземные воды — воды, в том числе минеральные, находящиеся в подземных водных объектах.

Пользование водными объектами (водопользование) — юридически обусловленная деятельность граждан и юридических лиц, связанная с использованием водных объектов.

Распорядительная лицензия — специальное разрешение на распоряжение в установленном порядке правами пользования водными объектами.

Сточные воды — вода, сбрасываемая в установленном порядке в водные объекты после ее использования или поступившая с загрязненной территории.

Химическое потребление кислорода (ХПК) — количество кислорода, потребляемого при химическом окислении содержащихся в воде органических и минеральных веществ под действием окислителей.

Цвет воды — одно из физических свойств воды, воспринимаемое глазом при отвесном осмотре воды водного объекта над белым фоном.

Цветение воды — массовое развитие фитопланктона, вызывающее изменение окраски воды, что свидетельствует о нарушении экологического состояния водного объекта.

Шахтные воды — подземные воды, образующиеся при добыче полезных ископаемых.

Экосистема — взаимосвязанная система живых организмов и окружающей их природной среды, в которой происходит циклический взаимообмен вещества и энергии.

Электродиализ — перенос ионов через мембрану, непроницаемую для коллоидных и макромолекул, под действием электрического поля; применяется для обессоливания воды.