Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.М. Владимиров, В.Г. Орлов

ОХРАНА И МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СУШИ

Учебник

Допущено Учебно-методическим объединением по образованию в области гидрометеорологии в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Гидрология», направление подготовки дипломированных специалистов «Гидрометеорология»

Санкт-Петербург
2009

УДК 556.535.8.574.
ББК 20.18
Владимиров А.М., Орлов В.Г. Охрана и мониторинг поверхностных вод суши. Учебник. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 220 с.

ISBN 5-86813-140-1

Рецензенты: В.И. Бабкин, д-р геогр. наук, зав. отделом «Водные ресурсы» ГГИ
В.С. Вуглинский, д-р геогр. наук, проф., зав. кафедрой гидрологии суши СПб ГУ
В.А. Шелутко, д-р геогр. наук, проф., зав. кафедрой прикладной экологии РГГМУ.

Охрана водных объектов рассматривается с позиции учета взаимосвязи количества и качества вод, определяющих их экологическое состояние при воздействии хозяйственной деятельности человека. Показаны способы осуществления мониторинга за состоянием водных объектов, особенно в случае влияния на них промышленных предприятий. Изложены процессы самоочищения рек и озер и разбавления сточных вод, попадающих в водные объекты, а также меры их защиты от загрязнения, засорения и истощения. Приведены сведения о водоохранных зонах. Даны способы оценки эффективности водоохранных мероприятий. Большое внимание уделено экологической экспертизе при водоохраной деятельности и в целом правовым основам охраны водных объектов.

Учебник рассчитан на студентов университетов по специальности «гидрология суши» и «геоэкология», а также на специалистов в области использования водных ресурсов.

Protection water resources is considered in terms of relationships between waters quantity and quality that define their ecological state under anthropogenic impact. Methods of the water objects monitoring (especially, in industrial zones) are shown. Processes of rivers and lakes self-purification and wastes dissolving in natural waters are considered as well as measures of their protection from polluting and exhausting. Definition and useful information on water protection zones are given; ways to assess the water protection effectiveness are explained. Essential attention is paid to methods of ecological expertise and basic juridical principles of water protection.

The textbook is intended for university students in land hydrology and genecology, as well as experts dealing with water resources using.

ISBN 5-86813-140-1

© Владимиров А.М., Орлов В.Г., 2009
© Российский государственный гидрометеорологический университет, 2009

Российский государственный гидрометеорологический университет
БИБЛИОТЕКА
195196, СПб, Малоохтинский пр., 98

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Введение 5
1. Водные экологические системы и компоненты 10
1.1. Водная среда и гидроэкологические системы 10
1.2. Гидроэкосистемы реки и поймы 16
1.3. Озерные гидроэкосистемы 19
1.4. Гидроэкосистемы болот 23
1.5. Водохранилища как водная экосистема 25
1.6. Гидроэкологические особенности каналов 28
2. Классификация водотоков и водоемов применительно к их охране . . 30
3. Водные ресурсы как объект охраны 43
3.1. Связь понятий «водные ресурсы», «экология» и «охрана водных объектов» 43
3.2. Распределение водных ресурсов по территории России 47
3.3. Использование поверхностных вод 50
3.4. Антропогенное давление на водные ресурсы 80
3.5. Охрана малых рек 87
4. Химические элементы в водных объектах 90
5. Принципы нормирования качества воды в водных объектах 98
5.1. Нормирование качества воды в водных объектах 101
5.2. Виды экологических нормативов 106
5.3. Естественные показатели качества воды в классификациях природных вод 106
6. Способы оценки качества поверхностных вод 115
6.1. Характеристики, используемые для оценивания качества поверхностных вод суши 115
6.2. Оценка качества вод по гидрохимическим показателям 119
6.3. Оценивание качества вод по гидробиологическим показателям 122
6.4. Система интегральных показателей для оценки загрязненности поверхностных вод 125
6.5. Расчет предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты 136
7. Мониторинг водных объектов и природоохранная служба предприятий 141
7.1. Понятие, цели и задачи мониторинга 141
7.2. Организация работ по наблюдению и контролю качества поверхностных вод 145
7.3. Природоохранная служба промышленного предприятия 157
8. Процессы самоочищения водных объектов и разбавления сточных вод 159
8.1. Самоочищение водных объектов 159

8.2. Разбавление сточных вод ... 161
9. Защита поверхностных вод от загрязнения ... 163
10. Охрана водных объектов от истощения ... 169
11. Водоохранные зоны ... 176
12. Оценка эффективности водоохранных мероприятий ... 184
13. Экологическая экспертиза при водоохраной деятельности ... 190
13.1. Принципиальные основы экологической экспертизы ... 190
13.2. Государственный экологический контроль ... 192
13.3. Экологическая экспертиза ... 193
13.4. Основные экологические требования при планировании, проектировании и осуществлении водохозяйственной деятельности ... 200
13.5. Экологический контроль ... 203
13.6. Чрезвычайные экологические ситуации и особо охраняемые природные объекты ... 204
14. Правовые основы охраны водных объектов ... 208
Литература ... 214

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 1991 г. был опубликован учебник «Охрана окружающей среды» [6], посвященный охране воздуха, вод суши и Мирового океана. Авторами раздела, в котором рассматривается охрана рек и водоемов, являлись проф. А.М. Владимиров и доц. В.Г. Орлов. Такой учебник, в котором в комплексной форме рассматривались две важнейшие стихии – воздух и вода, был издан впервые. За истекшее с тех пор время произошли существенные социально-экономические изменения в обществе, которые отразились и в области охраны природы в целом, и водных ресурсов в частности. В жизни общества усилилась связь природоохранных мероприятий с экологией как связующим звеном в системе «водная среда – производство – человек». Издан ряд учебных пособий [7, 12, 20–23], отражающих связь охраны вод суши с экологическими проблемами. При этом основным автором в ряде указанных изданий являлся В.Г. Орлов. Написание данного учебника произошло также по инициативе В.Г. Орлова, но преждевременная кончина не позволила ему завершить начатый труд, который можно считать итогом его более чем двадцатилетнего чтения лекций для студентов очного и заочного отделений Российского государственного гидрометеорологического университета кафедры гидрологии суши по курсу «Охрана и мониторинг поверхностных вод суши».

Необходимо отметить, что эта дисциплина относится к специальным дисциплинам гидрологического цикла. Она имеет четкую практическую направленность, знакомя будущих специалистов с практическими вопросами охраны поверхностных вод. Дисциплина является составной частью инженерной гидрологии и естественно опирается на такие дисциплины гидрологического цикла, как гидрология суши, гидрологические расчеты, гидрометрия, гидравлика, водохозяйственные расчеты, а также гидрохимия, гидробиология и метеорология.

Без знания указанных дисциплин подготовка специалиста в области мониторинга и охраны вод суши окажется неполноценной, так как только знание комплекса основных дисциплин дает возможность самостоятельно решать инженерные задачи в области охраны поверхностных вод.

Будущие специалисты должны иметь ясное представление о характере и масштабах антропогенных воздействий на водную среду и их последствия, о способах оценки состояния водных объектов, о методах оценки качества поверхностных вод суши, о правовых нормах законодательства в области охраны вод.

Главная задача курса по охране вод заключается в том, чтобы способствовать выработке у студентов экологического мировоззрения, в основе которого должно быть представление о единстве и взаимосвязи всех природных процессов, их изменении под воздействием антропогенных факторов.

Данный учебник может быть рекомендован студентам ВУЗов по направлению «гидрометеорология», по специальности «гидрология» при подготовке бакалавров, специалистов (инженеров) и магистров, а также геоэкологам и экологам, работающим в области охраны поверхностных вод.

Выражаем благодарность рецензенту профессору, доктору географических наук В.А. Шелутко за просмотр рукописи и высказанные замечания.

При подготовке рукописи к изданию большую помощь оказали заведующая РИО университета И.Г. Максимова и редактор Л.В. Ковель, а также инженер кафедры гидрологии суши Н.И. Семенова.

Предисловие, введение, главы 1–4, 10 и 11 написаны А.М. Владимировым, главы 5, 6, 9, 12, 13 – В.Г. Орловым, главы 7, 8, 14 – совместно А.М. Владимировым и В.Г. Орловым.

ВВЕДЕНИЕ

«Основной принцип водного законодательства – приоритет охраны водных объектов перед их использованием».

«Водный кодекс РФ», ст. 3

Охрана вод суши является одной из главных составляющих охраны Природы как глобальной системы жизнеобеспечения человечества. В это понятие входят также охрана атмосферы, земли, растительного и животного мира и в целом природных комплексов. Целью является сохранение, а при необходимости и восстановление природных ресурсов. При этом предусматривается рациональное использование природных ресурсов при их минимальном удельном потреблении на единицу готовой продукции, чтобы обеспечить сохранение природно-ресурсного потенциала, т. е. при изъятии или пользовании природным ресурсом, например, водой без ущерба для жизни человеческого общества. Этот ресурс, в данном случае – водный, входит в состав национального богатства страны.

Охране подлежат реки, ручьи, родники, гейзеры, каналы, озера, водохранилища, пруды, обводненные карьеры, болота, ледники и снежники, а также водоносные горизонты подземных вод и бассейны подземных вод [9].

Охрана вод суши является комплексным мероприятием, направленным на предотвращение или устранение негативных последствий деятельности человека на водный объект, находящийся в данном регионе, районе или на участке территории водотока или водоема [24].

Постоянно увеличивающиеся водопотребление и водопользование ведут к необходимости усиления охраны водных объектов от загрязнения, засорения и истощения, которые могут очень сильно изменить не только качество воды, но и ее количество. При этом характеристики качества воды и ее количества часто взаимосвязаны.

Количество воды зависит прежде всего от природных факторов, определяющих водный режим рек и озер в течение года. Для

условий России характерно наличие многоводных (половодье и паводки) и маловодных (зимняя и летне-осенняя межень) фаз стока. Соответственно с количеством воды, содержащейся в водном объекте, меняется и концентрация химических элементов воды, а при наличии забора воды при ее потреблении и сбросов использованных вод меняется и ее химический состав. Наибольшие изменения речного стока обычно происходят при больших количествах забираемой или сбрасываемой воды, сопоставимой с расходом реки, а также в периоды меженного и минимального стока воды. Особенно сильно эти изменения сказываются на малых равнинных реках.

Проблема количества воды всегда была у людей, живших и живущих в зонах недостаточного увлажнения. Однако с развитием сельского хозяйства и промышленности эта проблема продвинулась и в регионы с достаточным увлажнением территорий. В вегетационный период требуют орошения овощные сельскохозяйственные поля, например, даже в хорошо увлажненном Северо-Западном регионе России, особенно в маловодные годы. В промышленности существуют производства, которые не допускают снижения определенного количества воды, а тем более перерывов в водоснабжении.

Водная проблема обостряется с ухудшением ее качества, поскольку для разбавления одного литра грязной воды в среднем требуется затратить 10 литров чистой.

Целью охраны водных объектов является сохранение рек, озер, водохранилищ и других объектов в положении, близком к их природному состоянию, а при антропогенном воздействии – предотвращение последствий, опасных для человека и экологии водного объекта. При этом необходимо учитывать и возможное негативное влияние гидрологического состояния водного объекта в экстремальные периоды речного стока или уровенного режима (наводнения, пересыхание или перемерзание рек) на общество и его экологию.

При охране водных объектов необходимо знать причины и источники загрязнения вод, вести наблюдения за количеством и качеством воды, а также за экологическим состоянием водного объекта, т.е. осуществлять его мониторинг.

В зависимости от вида водного объекта, его состояния и предназначения охрана может осуществляться в форме мониторинга за количеством воды (расходом воды) и ее качеством или за состоянием и предотвращением какого-либо воздействия на водный объект и его бассейн (национальный парк, заповедник).

Наибольшие усилия приходится прикладывать при осуществлении мониторинга за состоянием качества воды, т.е. за наличием химическим элементов, в той или иной степени ухудшающих органические свойства воды, делающие ее непригодной для хозяйственного или промышленного использования, ухудшающие условия гидробиотов.

Одной из основных задач охраны является удовлетворение потребностей населения и различных отраслей хозяйства в водных ресурсах необходимого количества и качества не только сейчас, но и в отдаленном будущем в сохранении водных объектов для современных и будущих поколений. В комплексе мер, которые осуществляются по защите водных ресурсов от загрязнения и истощения, большая роль принадлежит системе мониторинга качества поверхностных вод. В настоящее время, в начале XXI в., контроль качества поверхностных вод в России осуществляется примерно в 5000 пунктах, охватывающих более 2000 водных объектов.

Проблемы комплексного использования водных ресурсов и их охраны уже давно вышли за пределы государственных границ и приобрели международное значение. Многие актуальные вопросы водохозяйственной деятельности человечества находятся в центре внимания Организации Объединенных Наций (ООН), ее комиссий и специализированных организаций: Организации по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО), Всемирной метеорологической организации (ВМО), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Международной организации по водным ресурсам (МАВР), Международной организации по исследованиям в области загрязнения вод (МАИЗВ). Функционируют Международные программы, такие как «Человек и биосфера», «Вода для жизни», «Гидрология на службе окружающей среды, жизнеобеспечения и политики» и другие, в которых российские специалисты принимают непосредственное участие.

В области охраны окружающей природной среды Россией заключены двухсторонние и многосторонние международные соглашения. Одним из них является многостороннее сотрудничество стран – бывших членов СЭВ – в рамках Совещания руководителей водохозяйственных органов. Основные задачи этого сотрудничества: разработка принципов и методов эффективного комплексного использования водных ресурсов в интересах различных отраслей хозяйства, исследование наиболее совершенных способов охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения; координация планов основных научно-исследовательских работ в области водного хозяйства и др. Ведется сотрудничество по вопросам использования и охраны трансграничных вод. При этом проводится обмен информацией по гидрологическому режиму рек и чистоты трансграничных вод.

В XXI в. существенно расширились связи в области охраны окружающей среды со странами ближнего и дальнего зарубежья. Так, например, ратифицирована Конвенция по охране морской среды Балтийского моря, учитывающая его загрязнение от стока речных вод, аналогичные соглашения имеются по Черному, Средиземному и Каспийскому морям.

Успешному решению совместных задач в области охраны природы способствует своевременная и научно обоснованная информация о состоянии биосферы, которую должна обеспечивать система мониторинга в глобальном масштабе, с использованием современных достижений науки и техники.

Большое значение имеет решение вопросов рационального использования водных ресурсов при сохранении водных объектов и водных экосистем от загрязнения и истощения. Поэтому необходимо иметь специальные знания и проверенные методологические подходы в этой области науки. Разработанные нормы сброса промышленных сточных вод в водные объекты в какой-то степени узаконили систематическое их загрязнение в результате деятельности хозяйственных комплексов. Последнее обстоятельство указывает на необходимость рассматривать водные ресурсы и их охрану не изолированно от инфраструктуры хозяйства и других компонентов природной среды. Поэтому деятельность различных отраслей хозяйства и их влияние на природную среду и, в частности,

на водные объекты, необходимо оценивать с экологических позиций, поскольку в природе все взаимосвязано.

Следует иметь ясное представление о влиянии гидрологических факторов на жизнедеятельность гидробионтов. Это обусловило появление нового направления в гидрологии – гидроэкологии, которая тесно связана с охраной водных объектов.

В данном учебнике рассмотрены различные аспекты использования водных ресурсов с позиций влияния деятельности человека на экологическое состояние водных объектов и их охраны от негативного воздействия.

В связи с указанным, структура пособия построена с учетом наличия взаимосвязи экологических и гидрологических процессов, происходящих в водных объектах и на их водосборах, характера мониторинга водных объектов и осуществления гидролого-экологической экспертизы, при этом рассматриваются существующие нормативы качества воды и правовые основы водопользования.

1. ВОДНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПОНЕНТЫ

«Водный объект является важнейшей составной частью окружающей среды, средой обитания объектов животного и растительного мира, в том числе водных биологических ресурсов».

«Водный кодекс РФ», ст. 3

1.1. Водная среда и гидроэкологические системы

Одной из главных задач охраны водных объектов является сохранение целостности их экосистем, исключение резкого изменения экологических компонентов и тем более исчезновения отдельных элементов экосистем, чтобы сохранить экологическое равновесие в экосистемах всех иерархических уровней.

Экология как научное понятие существует с XIX века. С тех пор оно существенно расширилось и детализировалось. Образовался ряд связанных с ним научных отраслей и дисциплин. К концу 80-х годов XX века появилась гидроэкология [5], которая рассматривает экологию с гидрологических позиций, когда изучается влияние гидрологического режима водотоков и водоемов на жизненные процессы, в них протекающие, и на живые организмы, с ним связанные. Основным направлением является исследование влияния динамики гидрологических характеристик во времени (по сезонам и годам) и по территории (по длине и площади) на жизнедеятельность биологических и растительных сообществ, а также на человеческое общество. А при охране водных объектов основное внимание обращается на условия, создающие негативное воздействие человека на водный объект и обратное на общество при экстремальных условиях водного режима (наводнения, засухи).

С экологических позиций гидрология может рассматриваться как наука, изучающая физическое состояние среды обитания гидробионтов. С ее помощью можно вскрыть взаимоотношения меж-

ду организмами и водной или влажной средой. Более того, учитывая значение воды как фактора природной среды в появлении, развитии и распространении живых организмов (биоценозов), можно говорить о водных объектах и науке, их изучающей, как части единой экологической системы *человек – производство – водная среда*. При этом процессы, происходящие в водных объектах и определяющие их экологическое состояние, можно рассматривать как составную часть (или звено) общего процесса тепло- и влагопереноса в системе *атмосфера – гидросфера – литосфера*. Количество и качество воды, их динамика определяют жизненные процессы непосредственно в водных объектах и на их водосборах, т.е. качественно-количественные гидрологические и гидрохимические показатели являются составной частью среды обитания живых существ.

Гидрологический и гидрохимический режимы водного объекта (т. е. изменение состояния водного объекта во времени, обусловленное изменением физико-географических условий в бассейне, включая антропогенное воздействие) проявляются в виде суточных, сезонных и многолетних колебаний уровней и расходов воды, ее температуры, ледовых явлений, мутности воды и расходов наносов, состава и концентрации растворенных веществ. При этом гидролого-гидрохимические характеристики являются взаимосвязанными и изменяются со сменой фазы водности. При одной и той же величине загрязнения качество воды будет различным в фазу половодья, паводков или в меженный период, на реках или их участках с быстрым и медленным течением, в периоды с высокими и низкими температурами воды, наличием или отсутствием растительности или ледового покрова и пр. Так, наибольшую концентрацию солей речные воды в природе имеют в меженный период, когда количество воды в русле наименьшее и сток формируется подземными водами, имеющими значительно большую, чем поверхностные, концентрацию естественных солей. Однако органические вещества в большем количестве могут наблюдаться в период половодья или паводков, когда река питается преимущественно поверхностными водами.

Использование гидрологических данных позволяет разрабатывать расчетные методы, учитывающие физические основы процессов загрязнения и самоочищения рек и водоемов, их изменения

во времени и по территории, т.е. решать одну из важнейших проблем экологии – определение качества воды водотока или водоема, находящегося в естественном или нарушенном гидрологическом режиме, с последующим его прогнозированием на основе учета динамики гидрологических и гидрохимических процессов.

Основными гидрологическими факторами, влияющими на изменение природного качества воды, являются: длительность многоводной или маловодной фаз, величина расхода воды в водотоке и скорость течения, ширина и глубина (водоема), температура воды, наличие ледового покрова, волнение, интенсивность турбулентного перемешивания. Они же влияют при антропогенном воздействии на водный объект. Они обусловливают скорость распада химических элементов, загрязняющих веществ, перенос и перемешивание загрязнений. Определяют гидродинамический процесс разбавления загрязненных вод, процессы самоочищения рек и водоемов. Гидродинамические процессы влияют на характер и скорость протекания физико-химических и биологических процессов, снижающих концентрацию загрязняющих веществ в водных объектах и увеличивающую способность водного объекта к самоочищению. Потеря этой способности наступает в случае невозможности разбавления сточных вод в должной мере (5–10-кратное превышение чистых вод над количеством сбрасываемых загрязненных) и подавлении жизнедеятельности перерабатывающих эти загрязнения микроорганизмов и растительности. Наиболее часто потеря способности к самоочищению проявляется в период маловодья (период минимального стока на реке, засуха), когда сток рек в десятки и даже сотни раз меньше, чем в многоводную фазу (половодье, паводок) и становится близким или даже меньшим, чем количество сбрасываемых загрязненных вод.

Данные о качестве и количестве воды в водном объекте в различные фазы водности позволяют оценить экологическое состояние водного объекта и разработать меры по его охране, используя результаты гидрохимических и гидробиологических исследований во взаимосвязи с гидрологическими характеристиками. Это позволит оценить состояние животного и растительного мира водного объекта и прилегающих к нему территорий, а следовательно, и человека, пользующегося этим объектом.

Таким образом, исследуется система, в которой на первом уровне сложности находятся элементы качественного состава воды и ее количества, определяемые гидрологическим режимом водного объекта и степенью антропогенного воздействия на этот объект.

Каждый водный объект имеет свою экосистему, тесно связанную с экосистемой водосбора, которые образуют одну систему – «речной (или озерный) бассейн». Поэтому проблему охраны водных объектов, от которых зависят водные ресурсы конкретных территорий, необходимо рассматривать применительно не только к конкретному водному объекту, но и к его водосборному бассейну, включающему поверхностную (площадь водосбора) и подземную (объем бассейна) составляющие бассейна. Еще в 1975 г. известный эколог Ю. Одум отметил, что «причины загрязнения вод и способы борьбы с ним не удается обнаружить, если смотреть лишь на воду; наши водные ресурсы страдают из-за плохого хозяйствования на всей площади водосбора, который и должен рассматриваться в качестве хозяйственной единицы», а «минимальной единицей экосистемы следует считать не один водоем, а всю площадь водосбора». К сожалению, Ю. Одум забыл о подземных водах, которые питают водные объекты, а также являются и самостоятельным водным ресурсом и также подлежат охране.

Рассматривая водосбор и водный объект как единое целое, изучать его следует по элементам и подсистемам, анализируя их связи, благодаря которым и формируется система.

Каждому элементу и подсистеме соответствует своя микро- или мезоэкосистема, размеры и состав которой зависят от общих (физико-географических) и частных (местных, локальных) условий.

Экосистема состоит в основном из трех групп. К первой относятся водоросли, высшие растения и некоторые бактерии. Все они объединяются понятием *автотрофы* (или первичные *продуценты*). Они существуют за счет солнечной или химической энергии и минеральных веществ.

Ко второй группе относятся организмы (животные, паразитарные растения и большинство микроорганизмов), которые потребляют органические вещества, произведенные первой группой. Их называют *гетеротрофами* (или *консументами*).

Третья группа состоит из организмов (в основном бактерии и грибы), превращающих органические остатки всех групп в неорганическое вещество. Их называют *редуцентами.* Они замыкают кругооборот вещества в экосистеме, существующей вследствие наличия пищевых связей между группами. Нарушение любой связи или ее разрыв ведет к частичному или полному разрушению экосистемы и замене ее другой.

Свойства любой сложной системы определяются как свойствами составляющих ее элементов или частных подсистем, так и характером взаимодействия между ними, а также определенным влиянием окружающей внешней среды. Схемы сопряжения внутри системы и между системами могут находиться на разных уровнях. Поэтому связи элементов внутри подсистемы описываются одноуровневой схемой сопряжения, а между подсистемами или системами – схемами сопряжения второго, третьего и т.д. уровней.

В гидрологии между элементами и подсистемами могут быть различные виды связей: прежде всего генетические, определяющие не только тип водного объекта, но и его гидрологический режим и значение характеризующих его параметров; связи взаимодействия гидрологических параметров и физико-географических характеристик; связи строения и функционирования, определяющие вид и характер существования элементов гидрологических систем; связи развития и преобразования элементов систем, их трансформации при изменении условий существования; связи управления элементами водных систем или в целом конкретными системами. Последние два-три вида связей наиболее характерны для водных объектов, существующих в условиях антропогенного влияния.

Гидрологические системы относятся к классу материальных систем неорганической природы. Они могут быть статичными и динамичными в зависимости от типа водного объекта и рассматриваемого временного периода. При этом они являются стохастическими. Поэтому определение значений переменных в конкретный момент времени позволяет лишь предсказать вероятность распределения значений этих переменных в последующие моменты.

По отношению к окружающей среде гидрологические системы обычно не замкнутые (открытые), поскольку у них постоянно происходит ввод и вывод вещества и энергии.

Анализ связей в системе позволяет установить соподчиненность и обусловленность компонентов системы, которые в конечном итоге можно выразить в количественной форме, используя методы математического моделирования.

По составу включенных элементов гидрологические системы могут быть однотипными и разнотипными. Например, речной водосбор, если рассматривать его как самостоятельную систему, состоит из разнотипных элементов, представленных жидкими, твердыми и даже живыми элементами (вода, рельеф, растительность, животный мир). С другой стороны, речная сеть как система собирающих и транспортирующих воду углублений в земной поверхности может рассматриваться как однотипная система с набором элементов: ложбины, овраги, ручьи, русла рек, котловины озер. Но каждый элемент может иметь свою экосистему с разной степенью сложности и уровнем развития.

Водные объекты относятся к категории саморегулирующихся систем. Они обычно состоят из множества элементов и имеют разветвленные связи между ними, включая обратные связи, которые и вызывают процесс саморегуляции. Особенно ярко это проявляется при восстановлении естественного качества воды в случае его нарушения.

Важное значение имеет не только выяснение, но и сохранение или грамотное изменение установившихся природных связей элементов рассматриваемой водной экологической системы или ее подсистем. Особенно это важно при сопряжении систем *природа - человек - техника - общество.* Отсутствие должного сопряжения может обусловить большие экономические и экологические ошибки, а также нанести трудно поправимый или даже непоправимый ущерб природе. Примеров недостаточно обоснованных решений в области гидрологии имеется, к сожалению, немало.

Совокупность гидрологической и экологической систем образуют единую *гидроэкологическую систему,* в которой водная среда и существующие в ней или за ее счет организмы и растения находятся в тесной взаимосвязи. Ухудшение состояния среды (по качеству или количеству) ведет к деградации экосистемы или сообществу экосистем. В такой же мере нарушения в экосистеме могут привести к тем или иным изменениям среды. Например, резкое

увеличение поступления фосфора в водоем вызывает интенсивное размножение сине-зеленых водорослей, которые не успевают перерабатываться гетеротрофами и редуцентами, отмирают и разлагаются. В результате быстро ухудшается качество воды, что вызывает изменение элементов экосистемы водоема (прежде всего рыбных сообществ).

1.2. Гидроэкосистемы реки и поймы

В водной среде рек существуют экосистемы, включающие донные, водные и полуводные растения, рыб, беспозвоночных, планктон, микроорганизмы и бактерии, которые образуют взаимосвязанную систему *продуценты – консументы – редуценты.*

Основными факторами, определяющими существование речных экосистем в естественных условиях, являются свет, содержание кислорода, температура воды, течение и глубина потока.

Свет определяет интенсивность фотосинтеза растениями, т. е. влияет на содержание кислорода в воде. На это же влияет и течение: чем оно интенсивнее, тем больше перемешивание речных вод и равномернее распределение кислорода по живому сечению реки. На реках с бурным течением (горные, полугорные) происходит еще захват воздуха струями воды. Поэтому воды в таких реках обогащены кислородом, и в них обитают лосось, форель, хариус и другие любители самой чистой воды.

Скорость течения связана с глубиной реки – плесы и перекаты имеют большое различие в скоростях течения. Глубина реки зависит от уровня воды, который, как известно из гидрометрии, является функцией расхода воды.

Температура воды играет важную биологическую роль, влияя на размножение рыб, развитие растительности и содержание кислорода в воде. Она влияет на плотность воды и сохранение жизни в реках в зимний сезон. Образующийся слой льда является теплоизолятором и мешает промерзнуть воде до дна. Хотя последнее, конечно, происходит в особо суровые зимы или в зоне многолетней мерзлоты на части рек с площадями водосборов от нескольких квадратных километров до 2000 и даже 5000 км^2 ежегодно (Арктическая зона и Сибирь), а в отдельные годы до 100–120 тыс. км^2 (Восточная Сибирь).

Температура воды определяет тепловой сток рек, т.е. количество тепла, переносимого рекой через живое сечение потока в единицу времени. Оно зависит главным образом от расхода и температуры воды. Наибольший тепловой сток наблюдается летом, а наименьший – зимой. Такой режим определяет и режим существования экосистем. Помимо этого он обусловлен еще и водным режимом реки за год (причем в данном случае наиболее подходит гидрологический год, а не календарный) и за многолетие.

Еще больше возрастает значение вышеуказанных характеристик в случае загрязнения рек. При попадании в реку сточных вод их концентрация меняется. Она уменьшается с увеличением количества чистой воды в русле реки при прохождении половодья (таяние снега и льда) или паводка (выпадение дождей), т.е. в многоводную фазу. Поэтому залповые выбросы сточных вод стараются приурочить к этой фазе.

Сброс загрязненных вод в меженный период ведет к ухудшению состояния водотока, особенно в случае невозможности разбавления сточных вод в должной мере (5–10-кратное превышение объема чистых вод над количеством загрязненных). Это может привести к подавлению жизнедеятельности перерабатывающих загрязнения бактерий, микроорганизмов и растений, т.е. к превышению физико-химической и биологической возможности реки к самоочищению.

С речными экосистемами тесно связаны экосистемы пойм, особенно систематически заливаемых рекой. Биологическая продуктивность пойм очень велика и в несколько раз превышает продуктивность других территорий не только по количеству, но и по качеству. Это связано с тем, что почвенный покров поймы формируется речными наносами в период высоких вод, несущих много органических веществ. Поэтому на поймах развивается богатая травяная и кустарниковая растительность, а также животный мир. В период высокой воды поймы являются нерестилищем и нагульным пастбищем для ценных пород рыб. Таким образом, на пойме образуются свои экосистемы, связанные с экосистемами реки.

Для правильного функционирования экосистем в естественных условиях определяющее значение имеет гидрологический режим реки. Большое значение имеют частота и продолжительность затопления поймы и глубина воды при этом. Особенно важны те

Российский государственный
гидрометеорологический университет
БИБЛИОТЕКА
195196, СПб, Малоохтинский пр., 98

гидрологические характеристики, при которых создаются наиболее благоприятные условия для воспроизводства всех организмов, связанных с рекой. Температура воды, глубина и скорости течения воды на пойме, наличие водоемов, болот, проток, заливов – основные факторы, обусловливающие продуктивность пойм и благополучие экосистем.

Существуют разные типы пойм и несколько их классификаций, но главным является зависимость экосистем любого типа пойм от гидрологического режима реки. Так, у двух очень схожих по всем показателям, включая и морфологию пойм, рек, но с разной частотой (ежегодно или эпизодически) и разной продолжительностью затопления пойм будут отличаться их экосистемы и продуктивность. Последнее может различаться в 1,5–2 раза и более, как, например, при сравнении урожая трав естественных лугов в поймах рек Печоры и Вычегды. Пойма Печоры в среднем течении заливается талыми водами ежегодно и на более длительный срок, чем пойма Вычегды. В результате урожаи и качество трав на пойме Печоры в два раза выше.

Развитость пойменных экосистем и их разнообразие, а также воспроизводство таких элементов экосистем, как планктон и бентос, рыб и птиц, животных, площадей лугов, кустарников и лесов – все это зависит от развитости пойм. Б.В. Фащевский предложил оценивать развитость пойм через отношение средней ширины водной поверхности реки при наивысшем уровне (соответствующем 1 %-ной обеспеченности) к ширине реки при уровне воды в бровках русла [39]. Расчет ведется для отдельных (характерных) участков реки, а затем определяется его средневзвешенное значение. Сравнив средние коэффициенты развитости поймы рек Оби и Енисея, Фащевский определил, что у Оби он в 6 раз больше. В результате удельные запасы водоплавающих птиц в пойме Оби в 13 раз, а запасы сена в 20 раз больше, чем в пойме Енисея. Удельные значения вылова рыбы на Енисее в 10 раз меньше, чем на Оби, хотя его воды менее загрязнены по сравнению с водами Оби. Такое различие связано еще и с тем, что уже при уровнях воды 50 %-ной обеспеченности пойма Енисея не затапливается, а пойма Оби не только затапливается, но и на ней создаются самые благоприятные условия для воспроизводства всех организмов, связанных с рекой.

Существующая классификация водных объектов в области охраны природы (ГОСТ 17.1.1.02-77) [25] базируется на учете их основных морфометрических, режимных и водообменных особенностей и в полной мере может быть использована в экологических целях. С ее помощью можно определить водотоки, имеющие наиболее неблагоприятные условия для существования экосистем.

Таковыми могут быть, например, зимний сезон в зоне недостаточного увлажнения для рек с длительным меженным периодом и длительным периодом ледостава при малых скоростях течения, с низкой температурой воды и небольшими расходами воды. Подобные условия характерны обычно для малых и части средних рек, т.е. для рек III и II класса, выделяемых в подкласс **А**.

Водотоки, которые находятся в зоне переменного увлажнения и в летне-осенний сезон имеют больший минимальный сток, чем в зимний, не пересыхают, имеют короткую межень, значительные скорости течения и невысокую температуру воды в меженный период, при тех же классах выделяются в подкласс **Б** (подробно о классификации водных объектов см. главу 2). В соответствии с *законом минимума* (*закон Либиха*) выносливость организма определяет самое слабое звено в цепи его экологических потребностей, т.е. зависит от минимума экологических факторов, необходимых организму или экосистеме. Их дальнейшее снижение ведет к гибели организма или деструкции экосистемы. Подобные условия скорее всего можно ожидать в водотоках III класса и подклассов **А**, в которых имеются наихудшие естественные условия существования водных экосистем.

1.3. Озерные гидроэкосистемы

Озера относятся к категории замкнутых гидроэкосистем. Являясь водоемом, расположенным в естественной впадине суши, они имеют свои экологические зоны.

Первая от берега зона – *литоральная* – занята высшими водными растениями (полуводные, плавающие, погруженные растения). Следующая зона – *сублиторальная*, в которой развивается планктон и нектон. В основной зоне – *профундаль* – главное значение имеет бентос (донные организмы). Это деление производится для больших озер и, в меньшей степени, для средних. В допол-

нение к этому большое значение имеет еще и периодически затопленная прибрежная зона озера. Площадь затопления и продолжительность стояния воды на ней, равно как и глубина, зависят от амплитуды колебаний уровня озера и строения его котловины. Так, средний объем оз. Ильмень в 8 раз, а площадь зеркала в 25 раз меньше, чем у Онежского озера. Зато площадь затопляемой поймы оз. Ильмень намного больше, что создает благоприятные условия для размножения рыбы и поэтому ее уловы в 1,3 раза превышают уловы в Онежском озере.

В озерах резко варьирует содержание кислорода, по сравнению с реками. В озерах с прозрачной водой во время интенсивного фотосинтеза водной растительностью быстро повышается содержание кислорода, но с ее отмиранием оно также быстро уменьшается, поскольку не только прекращается выделение кислорода, но он еще и поглощается разлагающейся фитомассой. В результате могут возникать летние заморы рыбы. Еще легче они возникают в озерах с бурой (гумусной) водой. Подобные же заморы могут происходить в суровые зимы, когда на озере образуется толстый слой льда, надолго изолирующий водную поверхность от воздуха и света. Поступление кислорода с поверхности и от водорослей прекращается, более того увеличиваются его затраты на окисление и в конце концов все запасы кислорода расходуются, происходит зимний замор рыб. Это случается обычно на бессточных (аккумулятивных) озерах, реже – на сточных.

В зависимости от глубины водной толщи, местного климата и содержания химических примесей в воде озера могут быть подразделены на несколько типов.

С учетом глубины водоема выделяют три типа озер.

– *меромиктические* – это очень глубокие озера, в них наблюдается постоянная стратификация водной толщи. При этом верхний, хорошо перемешиваемый и богатый кислородом, слой называется *эпилимнионом*; нижний, застойный, более холодный и почти лишенный растворенного кислорода слой называется *гиполимнионом*. Граница температурного перепада между этими слоями называется *металимнионом*. В озерах умеренных широт термоклин залегает обычно на глубине до 5 м;

– *голомиктические озера* имеют меньшую глубину, перемешивание водной массы на всю глубину происходит один или несколько раз в году, стратификация непостоянна.

К третьему типу относятся озера глубиной до нескольких метров, в которых термической и химической стратификации вообще не происходит.

Наибольший интерес, с точки зрения экологии, представляет классификация озер по химическому составу воды и по биологической продуктивности. Здесь также выделяют три типа озер:

– *олиготрофные* – как правило, глубокие озера с прозрачной и холодной водой, бедной минеральным азотом и фосфором, с достаточным содержанием кислорода, но низким содержанием CO_2;

– *ефтрофные* – неглубокие, малопрозрачные озера, из-за геологических и прочих особенностей водосбора богатые азотом и фосфором. Их биологическая продуктивность весьма высокая, поэтому временами (особенно на глубине) ощущается острый дефицит кислорода;

– *дистрофные* – мелкие озера, имеют торфяные берега, вода в них окрашена в бурый цвет взвесью гуминовых веществ, вымываемых из торфяной залежи. Кислорода в воде мало; жизнь в озере, да и само оно постепенно деградируют.

Между выделенными типами озер имеются взаимопереходные состояния. Человеческая деятельность на водосборных территориях оказывает существенное влияние на экосистему озер.

Большое значение для экосистемы озера имеет явление *ефтрофирования,* т.е. повышение биологической продуктивности водоема в результате накопления в воде минеральных и органических питательных веществ с водосбора. Это может происходить под действием естественных или антропогенных факторов. Последнее случается чаще.

Когда поступление веществ идет слишком интенсивно и они не успевают усваиваться биоценозом водоема, происходит загрязнение воды *биогенами,* т.е. веществами, образующимися в результате разложения сине-зеленых и других водорослей. При этом идет интенсивное потребление кислорода на реакцию разложения.

Ефвтрофикация водоема происходит в четыре этапа. На первом этапе увеличивается загрязнение за счет стока вод, насыщен-

ных органическими и (или) минеральными веществами (фосфор, азот и др.). Начинается бурный рост водорослей и их частичное отмирание. На втором этапе происходит разложение отмерших водорослей с интенсивным потреблением кислорода (первичное БПК – биологическое потребление кислорода), на третьем – *аэробное* разложение и потребление кислорода после отмирания водорослей (вторичное БПК). Вблизи дна возникает *хемоклин,* а в осадках идет накопление органических веществ, фосфора и азота. Наблюдается массовая гибель всего живого в воде. На четвертом этапе происходит; *анаэробное* разложение (увеличение вторичного БПК), приближение хемоклина к поверхности водоема, а содержание кислорода под ним приближается к нулю. Образуется сероводород и аммиак. Все это ведет к формированию гнилостного болота.

Ефтрофикации водоемов в большой мере способствует повышению температуры воды в жаркие месяцы и особенно при тепловом загрязнении за счет притока теплых вод.

В отличие от пресных озер соленые озера имеют множество специфических особенностей. Так, для соленых озер минерализация (содержание растворенных солей) характеризуется значением 3,5 ‰; при минерализации 0,1–3,5 ‰ озера считаются солоноватыми Соленость и химический состав солей в соленых озерах изменяются в широких пределах. Известны карбонатные, углекислые (содовые), сульфатные, сернокислые, хлоридные и другие типы химического состава озерной воды. В зависимости от гидрометеорологических факторов соленость и тип минерализации в одном и том же озере могут периодически изменяться, подчиняясь хронологическим ритмам. Пресные и соленые озера могут находиться в непосредственной близости одно от другого, а иногда отдельные участки одного озера могут быть либо пресными, либо солеными (оз. Балхаш).

К интересным природным явлениям относятся озера термокарстового типа. Характерной особенностью этих озер является их высокая геоморфологическая активность. Народнохозяйственная роль таких озер очень многообразна: это биологические ресурсы, запасы различных солей, урожай тростника, лечебные грязи, залежи сапропеля, отложения торфа и др. Однако степень их использования невысока.

Таким образом, видно, что озера, с точки зрения экологии, довольно сложные образования и антропогенная деятельность оказывает влияние не только на само озеро, но и на его водосбор.

1.4. Гидроэкосистемы болот

Болота являются одним из объектов исследования в гидрологии. Согласно ГОСТу 19179-73, *болото* – природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее собой отложения торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью. Напомним, что *торф* – органические отложения, формирующиеся в условиях застойного избыточного увлажнения из остатков не полностью разложившихся болотных растений, продуктов их разложения (гумуса) и минеральных веществ (золы).

В неосушенных болотах торф характеризуется содержанием воды в пределах 85–95 % (по массе).

По некоторым общим признакам болота подразделяют на группы. По комплексу условий водного и связанного с ним минерального питания, по характеру растительности и высотному расположение различают три основных типа болот:

– *низинные болота,* в питании которых, помимо атмосферных осадков, участвуют поверхностные и грунтовые воды. На низинных болотах произрастает требовательная к условиям минерального питания (ефтрофная) растительность. Синонимом для этого типа болот является термин *ефтрофные,* или *травяные,* болота;

– *верховые* болота, питание которых осуществляется только за счет атмосферных осадков. На верховых болотах произрастает олиготрофная растительность, мало требовательная к содержанию питательных веществ в почве. Верховые болота обычно имеют выпуклую форму поверхности. Синоним – *олиготрофные,* или *моховые,* болота;

– *переходные* болота смешанного питания с мезотрофной растительностью. Синоним – *мезотрофные,* или *есные,* болота.

К категории болот могут быть отнесены переувлажненные минеральные земли.

По определению Н.И. Пьявченко, «болотные биоценозы являются в современных природных условиях важнейшими аккумуляторами и хранителями колоссальных запасов связанной воды,

органического вещества и потенциальной солнечной энергии. В связи с этим их следует относить к особому типу аккумулирующих систем биосферы с декомпенсированным обменом веществ и энергии, в котором аккумуляция органического вещества превалирует над его распадом».

Из сказанного ясно, что живой мир болот не имеет существенного хозяйственного значения, но сами болотные массивы очень важны для многих видов птиц и зверей как места обитания или кормовая база в летний сезон. Последнее нередко не принималось во внимание, и очень долго в болотных массивах видели главным образом объекты осушения. Однако Ю. Одум приходит к выводу, что «болота в большинстве случаев ... гораздо выгоднее использовать в качестве хранилищ воды и местообитаний диких животных, чем пытаться использовать их для сельского хозяйства». Следовательно, болотные экосистемы не должны нарушаться, их следует сохранять в естественном состоянии, что необходимо для экологического равновесия региона.

Особое внимание должно быть уделено болотным массивам водораздельных пространств. Эти болота являются верховыми. По характеру залегания они могут быть водораздельными, водораздельно-склоновыми и котловинными. Болота, относящиеся к речным долинам, называют низинными и среди них выделяют пойменные и притеррасные, а также болота староречий.

По способу водного питания болота могут быть четырех типов: паводкового питания – в поймах; глубинного питания – в ложбинах и местах выхода подземных напорных вод; грунтового питания – в понижениях водораздельных пространств, сложенных водонепроницаемыми породами; атмосферного питания – в замкнутых понижениях, подстилаемых водоупорными породами. Естественно, что имеется большое число переходных типов болот. Каждый тип болотной экосистемы имеет свой, особый вид растительного покрова и его динамику, что вызывает необходимость специальной классификации болот по растительным ландшафтам.

Торфяные болота аккумулируют в себе значительные запасы тепла, поэтому при обводнении болот автоматически регулируется и их тепловой режим, а следовательно, изменяется и радиационный баланс заболоченных территорий.

При длительном затоплении болот высокими водами или, наоборот, в очень засушливый период их экосистемы могут заметно изменяться, теряя или приобретая новые связи и элементы.

Вмешательство в экосистему болот в форме их осушения существенно влияет на всю окружающую его местность и приводит к таким негативным последствиям, как резкое снижение уровня грунтовых вод, что уменьшает питание древесной растительности и вызывает даже ее гибель. Изменяется и состав живых организмов на болотном массиве, т.е. происходит смена экосистем.

1.5. Водохранилища как водная экосистема

Водохранилище – искусственный водоем, образованный водоподпорным сооружением на водотоке с целью хранения и использования воды, а также регулирования речного стока.

Как видно из определения, водохранилища необходимы для жизненных нужд человека и создаются на любых реках – от малых до самых больших.

Еще на территории СССР действовало более 1000 водохранилищ с объемом воды в них свыше 1 млн $м^3$. Несомненно, что в дальнейшем число водохранилищ будет увеличиваться, но уже, вероятно, за счет малых и средних рек.

Большинство крупных водохранилищ имеет гидроэнергетическое назначение, что дает экологу и экономисту общее поле деятельности для оценки эффективности затопления территории, оправдываемости этого мероприятия и целесообразности.

Оценить стоимость затопляемых территорий очень сложно, поскольку она будет включать стоимость переноса жилых поселков, дорог, линий электропередачи, уничтожения сельхозугодий и лесов, а также ущерба биопродукции, который произойдет при этом. Следовательно, необходимо сопоставлять ущерб, причиняемый природе и хозяйству, с выгодой от работы водохранилища.

Следующим нежелательным фактором, возникающим при создании водохранилища, является существенная трансформация прилегающих к этому водохранилищу угодий в результате подтопления при подъеме уровней грунтовых вод, изменения местного климата, разрушения берегов. Поэтому в береговой полосе водо-

хранилища выделяют зоны гидрогеологического, а также активного и эпизодического климатологического влияния.

Изменения экосистемы зоны водохранилища начинаются с момента его создания и длятся годы.

Колебания уровня и режима грунтовых вод в результате подтопления вызывает перестройку биоценоза любого типа. Что-то может гибнуть, но на смену ему рано или поздно придет биоценоз нового типа, более приспособленный к новым условиям. Значительный интерес представляет зона переменного подпора, которая может составлять до 90 % протяженности водохранилища при нормальном подпорном уровне (НПУ). В этой зоне происходит периодическая смена речных условий озерными, что указывает на постоянное влияние показателей одной экосистемы на другую, которое влечет за собой изменение естественных природных процессов: ледового, термического, руслового, режима наносов, различных биологических процессов и т. д.

Все вышесказанное говорит о том, что концепция водосбора, как единой экологической и хозяйственной единицы, при создании и эксплуатации водохранилища приобретает новое значение. Ведь при сооружении плотины целостный и единый водосборный бассейн как бы делится на две части, развитие которых в дальнейшем идет по-разному. В природную экосистему речного бассейна вклинивается искусственная экосистема водохранилища. Поэтому водосборный бассейн верхнего бьефа гидроузла и уже самостоятельный водосбор нижнего бьефа можно рассматривать по отдельности. Граница между ними может смещаться и видоизменяться в результате изменения базисов эрозии, но со временем может стабилизироваться и достичь динамического равновесия.

Интересно, что новый режим и новая гидросистема неожиданно могут вступить во взаимодействие с элементами древней палеогидросети, с подземными водами.

Все это указывает на то, что сооружение водохранилищ в любой части водосборного бассейна вовлекает в сферу преобразования природу всего бассейна и не является локальным.

С созданием водохранилища связаны изменения гидробиологических условий и ресурсов гидробионтов самого водохранили-

ща. Например, крайне неприятное явление – бурное развитие синезеленых водорослей (цветение воды).

Гидрохимический режим водохранилищ, особенно в первые годы его существования, зависит в основном от структуры и состава затопленных почв. «Неприятности» для водохранилища могут вызвать затопленные массивы торфяных болот. При разложении затопленной торфяной залежи в анаэробных условиях образуется огромное количество газа (метана, сероводорода, оксида углерода и углекислоты). Накопление газов создает предпосылки для всплытия торфа на отдельных, порою обширных, участках дна.

Всплывшие торфяные острова дрейфуют, разрушаются волной и загрязняют водоем взвешенными наносами. Всплывшая торфяная залежь выделяет в 2-3 раза больше газа, чем затопленная, поскольку она лучше прогревается.

При создании водохранилища должен быть разработан режим его эксплуатации, что необходимо для оптимизации экологических условий как самого водохранилища, так и прилегающих к нему территорий.

С экологических позиций водохранилища являются наиболее сложными водным объектами. Формирующиеся в них экосистемы испытывают на себе резкие колебания уровней и объемов воды, быстрые изменения скорости течения. Это особенно характерно для больших и средних водохранилищ многоцелевого использования. Малые водохранилища, создаваемые для орошения, могут вообще высыхать к концу вегетационного периода.

Наиболее стабильны рыборазводные пруды, но они имеют *монодоминантную экосистему,* т.е. состоящую из одного вида рыб.

Очень большое влияние оказывает водохранилище на участок реки, расположенный ниже плотины (нижний бьеф). В зависимости от размеров реки и емкости водохранилища река ниже плотины может либо полностью пересыхать, либо увеличивать сток воды в период межени. При этом сток половодий и паводков всегда снижается. Результатом является не затапливаемая или слабо затапливаемая пойма, что влияет на нерест рыб и кормовые запасы в пойме, ухудшая то и другое.

Одновременно меняются русловые процессы, а значит, и локальные места обитания рыб (плесы, зимовальные ямы).

Большое влияние оказывают водохранилища на температуру воды. Малые неглубокие водохранилища в теплый сезон могут хорошо прогреваться и повышают температуру воды в нижнем бьефе. Значительные по размеру водохранилища имеют более равномерное в году распределение температуры воды, снижая ее летом и повышая зимой в нижнем бьефе за счет сброса воды из верхнего бьефа.

Особенно сложный экологический режим возникает на участках рек, расположенных между двумя плотинами, когда проявляется одновременное влияние верхнего и нижнего бьефов водохранилищ.

1.6. Гидроэкологические особенности каналов

Каналы – искусственно создаваемые водные артерии, характеризующиеся руслом правильной, обычно трапецеидальной, формы.

По своему назначению каналы подразделяются на энергетические, оросительные, осушительные, водоподводные, лесосплавные, судоходные, рыбоводные.

Уже это перечисление дает представление об их разнообразном использовании и значении. Увеличение числа каналов, их протяженности и пропускной способности ведет к возрастанию их воздействия на окружающую среду, а сами они становятся той биологической основой, в которой появляются и закрепляются живые организмы.

По отношению к условиям формирования планктона как первичного звена в *биогеоценологическом круговороте* выделяют следующие типы каналов:

1. Водоснабжающие и судоходные каналы, вытекающие из рек или водохранилищ, – каналы с зависимым планктоном, берущие начало:

– из горных рек;

– из водохранилищ на горных реках, в горах и предгорьях;

– из водохранилищ на горных реках при выходе их на равнину;

– из равнинных рек;

– из водохранилищ на равнинных реках.

2. Каналы дренажные и родникового питания с самостоятельным формированием планктона.

Наиболее обильно планктонное население в каналах, берущих начало из равнинных водохранилищ. Для эксплуатации каналов наибольшее значение имеют бентические растительные сообщества, развитие которых зависит не столько от источника водообеспечения канала, сколько от свойства дна и стенок, от скорости и мутности воды в канале. Для водорослей бентоса в канале необходимы неподвижный субстрат, а также умеренные скорости течения. В каналах развитие бентических водорослей ограничивается лишь при скорости течения более 1 м/с, высокой мутности воды и низком содержании биогенных веществ. При малой скорости течения облицованные каналы дают бентическим водорослям определенное преимущество, но облицовка препятствует развитию в канале высшей водной растительности, которая, в свою очередь, может быть биомеханической основой для низших, прикрепленных к субстрату, водорослей.

Развитие живых форм в каналах создает сложности для нормальной их эксплуатации, но некоторые высшие растения и особенно моллюски способствуют биологической очистке воды в канале.

Как и на водохранилищах, вдоль каналов выделяются полосы гидрологического и гидрогеологического влияния. Полоса гидрогеологического влияния связана с разливами воды из канала и подтоплением грунтов. Гидрогеологические условия изменяются в результате фильтрации воды из канала через его дно и стенки. Сложные формы взаимодействия возникают при пересечении каналом естественных постоянных и временных водотоков. А это уже связано с вторжением в чужую экосистему, ее нарушение. Ведь искусственный водосбор канала накладывается на систему естественных водосборов, а это является началом новых геоморфологических и биологических процессов. И вот тут возникает вопрос для специалистов о влиянии канала на естественный водосбор. Основную роль здесь должны сыграть чисто технические характеристики канала (протяженность, ширина, пропускная способность, режим эксплуатации, характер покрытия и пр.).

Анализ всего этого позволит говорить о тех изменениях, которые можно ожидать на площадях, прилегающих к каналу. А знать эти изменения необходимо не только для оценки качества воды, но и с медико-биологической стороны и в целом – для определения изменения старых и появления новых экосистем.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДОТОКОВ И ВОДОЕМОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ИХ ОХРАНЕ

«Классификация водных объектов, устанавливаемая стандартом, обязательна для применения в документации всех видов, учебниках, учебных пособиях и справочной литературе по охране природы».

ГОСТ 17.1.1.02-77

Основной целью классификации является установление категорий и классов водотоков и водоемов, отражающих их природные особенности, для обеспечения наиболее эффективной разработки природоохранных мер в интересах охраны и рационального использования водных ресурсов.

Классификация водотоков и водоемов является составной частью общей классификации объектов единого государственного водного фонда, включающей также ледники, подземные воды и моря. Принципы и схема классификации разработаны А.М. Владимировым, на основе чего был создан Государственный стандарт «Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов» [25].

В основу деления водотоков (река, канал, ручей, родник) и водоемов (озеро, водохранилище, пруд) на классы и категории положены режимные и морфометрические особенности рассматриваемых объектов. Критериями классификации служат типичные признаки, отражающие эти особенности и выражаемые набором характеристик, непосредственно определяющих условия формирования количества и качества воды.

Каждая характеристика подразделяется на категории, показывающие различия в размерах объекта и условиях его режима, водообмена и др. Сочетание категорий данного признака показывает частные условия режима водного объекта и отражается разрядом.

Разряд позволяет определить подкласс и класс водотока, т. е. сумма соответствующих весовых индексов данной категории дает

разряд, а сумма разрядов – класс с подклассом. Наиболее неблагоприятные условия формирования стока и качества воды могут наблюдаться в подклассе **А** по сравнению с подклассом **Б.**

При классификации водотоков используются следующие характеристики: географическая зона, сезон года, период действия водотока, характер меженного периода (его продолжительность, устойчивость), наличие пересыхания, перемерзания или ледостава, площадь водосбора, расход воды, скорость течения, колебания уровня воды, температура воды. Эти характеристики в основном учитывают в количественной форме. Так, расход воды, скорость течения, температура воды и амплитуда колебания уровня вычисляются как средние многолетние характеристики за меженный период (или период низкого стока).

Для водотоков выделяется три класса и два подкласса в каждом классе. К классу I относятся большие и очень большие реки с большой водностью. Класс II включает преимущественно средние реки со средней водностью, класс III – малые реки. Река с большой площадью водосбора, но малой водностью попадает в класс II, а средняя река, но с большой водностью – в класс I.

Водотоки, находящиеся в зоне недостаточного увлажнения, имеющие продолжительный и устойчивый меженный период, небольшую скорость течения и значительное снижение уровня в меженный период, а также высокую температуру воды, выделяются в подкласс А.

Водотоки, которые находятся в зоне избыточного или переменного увлажнения и в летне-осенний сезон имеют больший минимальный сток, чем в зимний, не пересыхают и не перемерзают, имеют короткую или прерывистую межень, большую скорость течения и незначительное снижение уровня в меженный период, а также невысокую температуру воды в этот период, выделяются в подкласс Б.

Различие между подклассами учитывается весовыми индексами и весовыми категориями. Чем меньше номер разряда, тем хуже условия формирования количества и качества воды. Поэтому в подкласс А попадают водные объекты преимущественно 1-го разряда, а в подкласс Б – преимущественно 2-го или 3-го разряда.

При классификации водоемов используются следующие характеристики: площадь зеркала, объем, максимальная глубина колебания уровня, температура воды, продолжительность ледостава, стратификация, вертикальная циркуляция, водообмен. Эти характеристики разбиваются на категории (например, большая, средняя, малая) с соответствующим количественным критерием. Величина гидрологических характеристик устанавливается по многолетним данным, а для водохранилищ – в зависимости от степени регулирования по многолетним или годовым характеристикам.

Для водоемов выделяются четыре класса и два подкласса в каждом классе. При этом используются те же принципы выделения, что и для водотоков.

Применение вышеизложенных принципов экспертно-балльной оценки, учитывающей вес данной характеристики водного объекта с рассматриваемых позиций его охраны от загрязнения, засорения и истощения, позволяет достаточно объективно и быстро определить класс водного объекта.

Такой подход позволил классифицировать весьма разнородные объекты водного фонда (водотоки, водоемы, устьевые области рек, ледники, подземные воды и моря) по единому принципу с использованием одинаковой схемы классификации.

Изложенную схему классификации целесообразно рассмотреть подробнее на примере классификации водотоков и водоемов. Наиболее неблагоприятные условия для формирования хорошего качества воды, а следовательно, и для сброса сточных вод в водотоки, существуют в маловодную фазу стока, т. е. в меженный период, когда в реках резко уменьшается расход воды и скорость течения, а в водоемах падает уровень воды. Поэтому способность водного объекта разбавлять сточные воды резко снижается.

Меженный период на реках наблюдается в зимний и летне-осенний сезоны. Большая часть рек имеет наименьшую водность в зимний меженный период, продолжительность которого может составлять до 6–7 месяцев. Поэтому наличие малых расходов воды в течение длительного времени в реке, покрытой льдом, очень сильно ограничивает ее самоочищающую способность.

Классификация водотоков начинается с учетом климатических условий, в которых формируется меженный сток, и характера

меженного периода (табл. 2.1 и 2.2). При этом период меженного стока является устойчивым, если он не прерывается паводком. В случае отсутствия какого-либо явления (ледостав, пересыхание и т.п.) весовой индекс приравнивается к нулю.

Основные гидрологические характеристики, влияющие на процессы самоочищения водотоков, приведены в табл. 2.3 и 2.4. Класс водотока, показывающий его водность и размеры, и подкласс, отражающий условия формирования стока воды и самоочищающие способности потока, устанавливаются по табл. 2.5. Например, классифицируя р. Неву у Санкт-Петербурга для летнего сезона, получаем следующие данные: по табл. 2.1 сумма весовых индексов (2 + 2 + 1) равна 5, что соответствует разряду 2; по табл. 2.2 сумма индексов (1 + 1+ 0 + 0) равна 2, разряд 1; по табл. 2.3 сумма индексов (2 + 3 + 2) равна 7, разряд 2; по табл. 2.4 сумма индексов (1 + 1) равна 2, разряд 1. Суммируя разряды (2 + 1 + 2 + 1), полученные по табл. 2.1–2.4, из табл. 2.5 устанавливаем класс и подкласс р. Невы – класс I и подкласс Б. Следовательно, р. Нева имеет высокую способность к самоочищению и может выдерживать значительную нагрузку сточными водами. Однако количественно допустимую нагрузку необходимо устанавливать расчетными методами с учетом ПДК.

Классификация водных объектов отражает основные условия, определяющие их состояние в наиболее напряженные по водности периоды, и не учитывает частных особенностей. Так, при определении разбавляющей способности реки или озера имеют значения условия перемешивания вод, существующие в данном водном объекте, т. е. его гидродинамический режим.

Таблица 2.1

Классификация водотоков по физико-географическим признакам

Весовой индекс	Географическая зона	Сезон года	Период действия водотока	Сумма индексов	Разряд
1	Недостаточного увлажнения	Зимний	Постоянный	≤ 4	1
2	Избыточного и переменного увлажнения	Летне-осенний	–	5–7	2
3	–	–	Временный		

Таблица 2.2

Классификация водотоков по характеру маловодной фазы

Весовой индекс	Продолжительность межени		Характер межени	Продолжительность ледостава		Продолжительность отсутствия стока		Сумма индексов	Разряд
	категория	значение, месяц	категория	категория	значение, месяц	категория	значение, месяц		
1	Длительная	>2	Устойчивый	Длительный	>5	Длительное	> 1	≤ 5	1
2	–	–	–	Средний	2–5	–	–	6–12	2
3	Короткая	≤ 2	Прерывистый	Короткий	<2	Короткое	≤ 1		

Таблица 2.3

Классификация водотоков по гидрологическому режиму

Весовой индекс	Скорость течения		Колебания уровня		Температура воды		Сумма индексов	Разряд
	категория	значение, м/с	категория	значение, м	категория	значение, °С		
1	Малая	<0,2	Большая	>2	Высокая	>15	≤ 4	1
2	Средняя	0,2–1,0	Средняя	1–2	Средняя	10–15	5–7	2
3	Большая	>1,0	Малая	<1	Низкая	<10	8–9	3

Таблица 2.4

Классификация водотоков по размеру и водности

Весовой индекс	Категория	Площадь водосбора, км^2	Расход воды, м^3/с	Сумма индексов	Разряд
1	Большая	> 50 000	> 100	≤ 3	1
2	Средняя	2000–50 000	5–100	4–5	4
3	–	–	<5	6–7	6
4	Малая	< 2000	–	–	–

Таблица 2.5

Классы водотоков

Сумма разрядов	Класс	Подкласс
5	I	А
6–7	I	Б
8	II	А
9–10	II	Б
11	III	А
12–13	III	Б

Имеющееся в реках турбулентное перемешивание определяется скоростью течения воды, уклоном русла, его извилистостью, шероховатостью. Для водоемов имеет значение внешний и внутренний водообмен, который может характеризоваться степенью проточности водоема, его глубиной, площадью, изрезанностью береговой линии.

Поэтому при оценке водотоков и водоемов по условиям перемешивания в них сточных вод может быть использована классификация (типизация водотоков и водоемов), разработанная в Государственном гидрологическом институте и дополняющая вышеприведенную классификацию водных объектов в отношении учета их гидродинамического режима. С этой целью выделяется три типа рек: равнинные, горные и реки предгорий (полугорные). В зависимости от продольного уклона водной поверхности потока, шероховатости русла (характеризуемой типом грунта, слагающего русло, и коэффициентам шероховатости), расхода воды (отражающей водность потока, но в среднем в год, а не в межень, когда сток существенно меньше) и размеров водотока устанавливается интенсивность процесса перемешивания загрязняющих веществ. Чем лучше перемешивание вод, тем интенсивнее происходит разбавление сточных вод и самоочищение водотока. Наиболее хорошее перемешивание вод наблюдается на горных реках, а самое слабое перемешивание происходит на малых равнинных реках. При этом в реке турбулентное перемешивание тем интенсивнее, чем меньше коэффициент Шези *C*. В табл. 2.6 показан пример классификации водотоков с учетом гидродинамического режима.

Таблица 2.6

Типизация водотоков по особенностям гидродинамического режима

Тип водотоков	Группа	Перемешивание	Годовой расход, $м^3/с$	Грунт	Коэффициент Шези C	Уклон, ‰
Равнинные	Большие	Хорошее	> 250	Гравий, песок, ил	40–70	0,01–0,10
	Средние	Умеренное	25–250	То же	30–60	0,06–1,2
	Малые	Слабое	2,5–25	Песок, ил	30–50	0,05–1,0
	Ручьи	Умеренное	< 2,5	То же	10– 30	0,05–1,0
Горные	Средние	Очень хорошее	> 25	Валуны, галька	20–35	0,2–0,6
	Малые	Хорошее	2,5–25	Валуны, галька, гравий	15–30	0,6–5,0
	Ручьи	–	< 2,5	Валуны	10–20	0,6–5,0
Полугорные	Средние	Хорошее	25 ~ 500	Галька, гравий, песок	20–40	0,6–4,0

Реки, впадающие в моря, в устьевой области имеют особый режим уровней и расходов воды, а также ее качества, обусловленные влиянием приливно-отливных и сгонно-нагонных явлений. Поэтому требования к их охране могут отличаться от требований, предъявляемых к реке.

Классифицируются устьевые области средних и больших рек, имеющие наибольшее природно-хозяйственное значение по сравнению с малыми реками. Классификация устьевых областей рек базируется на классификации водотоков и лишь дополняет ее. Поэтому используются предшествующие таблицы и специальные табл. 2.7 и 2.8.

Классификация устьевых областей рек по общим признакам приведена в табл. 2.7. При этом к многорукавной дельте относятся те, у которых больше пяти рукавов. За величину расхода воды (табл. 2.8) принимают средний многолетний расход воды за меженный период. Величину колебаний уровня в устье водотока определяют по разности между наивысшими и наинизшими уровнями воды в меженный период, отражающую приливные или сгонно-нагонные колебания уровня. При наличии обоих видов колебаний учитывается тот вид, который дает наибольшую величину колебаний уровня. При этом для определения суммы разрядов используют табл. 2.1, 2.2, 2.7, 2.8. Класс и подкласс водотока устьевой области устанавливают по табл. 2.5.

Таблица 2.7

Классификация устьевых областей рек

Весовой индекс	Характер устьевого участка реки	Характер устьевого взморья		Длина устьевого участка реки		Преобладающий режим	Сумма индексов	Разряд
		по глубине	по степени обособленности от моря	категория	значение, км			
1	Многорукавная дельта	Приглубое	Открытое	Большая	>200	Стоковый	5–6	1
2	Малорукавная дельта	Отмелое	Закрытое	Средняя	50÷200	Приливно-отливный	7–10	2
3	Безрукавное устье	–	Эстуарий, лиман	Малая	<50	Сгонно-нагонный	11–14	3

Таблица 2.8

Классификация водотоков устьевой области реки по гидрологическому режиму

Весовой индеке	Расход воды		Скорость течения		Колебания уровня		Температура воды		Сумма индексов	Разряд
	категория	значение, $м^3/с$	категория	значение, м/с	категория	значение, м	категория	значение, C°		
1	Большая	>100	Малая	<0.2	Большая	>1	Высокая	>15	4–6	1
2	Средняя	5–100	Средняя	0,2–1	Средняя	0,5–1	Средняя	10–15	7–9	4
3	Малая	<5	Большая	>1	Малая	<0,5	Низкая	<10	10–12	6

Классификация водоемов производится по тому же принципу, что и водотоков. Учитывается географическое местоположение водоема и сезон года, отражающие климатические условия формирования режима водоема, определяемые так же, как и для водотоков по табл. 2.1.

Основные морфометрические характеристики водоема учитываются при классификации водоемов по морфометрическим показателям по табл. 2.9. При разработке водоохранных мероприятий для участков рек, расположенных ниже каскада водохранилищ или прудов, категорию и разряд водохранилищ или прудов определяют по их суммарным морфометрическим показателям. Для водохранилищ определяют общую площадь поверхности и полный объем.

Основные характеристики гидрологического режима водоемов, влияющих на количество и качество воды, приведены в табл. 2.10.

Величину колебаний уровня воды озер и водохранилищ многолетнего регулирования определяют по разности между наибольшими и наименьшими уровнями, наблюдающимися за многолетний период для озер и в средний по водности водохозяйственный год для водохранилищ, а водохранилищ сезонного, недельного и суточного регулирования – по разности уровней ежегодной сработки.

За продолжительность ледостава для конкретного водоема или для данной территории (для неизученных водоемов) принимают среднее количество дней ледостава за многолетний период.

Температуру воды определяют как среднюю из суточных величин за летний период для среднего по климатическим условиям года.

Количество воды в большой мере зависит от характера перемешивания и смены воды в водоеме, т.е. от условий водообмена. Это учтено в табл. 2.11.

За величину водообмена озера принимают отношение среднегодового притока воды в озеро к его объему, а для водохранилища – отношение объема стока воды через гидроузел в средний по водности год к полному объему водохранилища.

Внутренний водообмен обусловливается турбулентностью и конвективными процессами, которые связаны с глубиной и площадью водоема. Наиболее интенсивно перемешивание вод происходит в глубоководных и сильнопроточных водоемах, а самое слабое – в мелководных бессточных, имеющих к тому же небольшие размеры.

Таблица 2.9

Классификация водоемов по морфометрическим показателям

Весовой индекс	Площадь поверхности		Объем		Максимальная глубина		Сумма индексов	Разряд
	категория	значение, км^2	категория	значение, км^3	категория	значение, м		
1	Очень большая	>1000	Очень большая	>10	Большая	>50	3–4	1
2	Большая	101–1000	Большая	1,1–10	Средняя	11–50	5–7	6
3	Средняя	10–100	Средняя	0,5–1	Малая	5–10	8–10	11
4	Малая	<10	Большая	>0,5	Очень малая	<5	11–12	15

Таблица 2.10

Классификация водоемов по гидрологическому режиму

Весовой индекс	Колебания уровня		Температура воды		Продолжительность ледостава		Сумма индексов	Разряд
	категория	значение, м	категория	значение, °С	категория	значение, мес.		
1	Большая	>20	Высокая	>25	Длительная	>5	2–4	1
2	–	–	Средняя	20–25	Средняя	2–5	5–7	2
3	Средняя	3–20	Низкая	<20	Короткая	<2	8–11	3
5	Малая	<3	–	–	–	–	–	

Таблица 2.11

Классификация водоемов по условиям водообмена

Весовой индекс	Стратификация	Вертикальная циркуляция		Характер озера	Характер регулирования стока водохранилищами	Водообмен		Сумма индексов	Разряд
		категория	значение раз в год			категория	значение в год		
1	Стратифицированное	Слабая	<2	Бессточное	Многолетнее	Замедленная	<0,1	4–5	1
2	Нестратифицированное	Умереннаая	2	Сточное	Сезонное	Умеренная	0,1–5	6–8	2
3	–	Интенсивная	>2	Проточное	Недельное, суточное	Интенсивная	>5	9–11	3

В глубоководных и больших водоемах со сточными водами взаимодействуют большие массы воды, увеличивается турбулентное перемешивание и возрастает приток чистых вод в зону загрязнения. Все это ускоряет процессы перемешивания и самоочищения. Однако необходимо учитывать различия динамических процессов в прибрежной, мелководной и глубоководной частях водоема, особенно при значительных колебаниях глубин и большой изрезанности береговой линии, наличии островов.

Класс и соответствующий подкласс водоема устанавливают по табл. 2.12 в зависимости от суммы разрядов, номера которых определяют по табл. 2.1, 2.9–2.11.

Таблица 2.12

Классы водоемов

Сумма разрядов	Класс	Подкласс
<5	I	А
6–9	I	Б
10–11	II	А
12–14	II	Б
15–16	III	А
17–19	III	Б
20–21	IV	А
22–23	IV	Б

Классификация водных объектов по качеству вод, отражающая уровень их загрязненности, позволяет оценить возможности использования речных и озерных вод. Например, снижение категории водного объекта по качеству воды будет свидетельствовать, с одной стороны, о необходимости сокращения видов водопользования, а с другой – об усилении природоохранных мер в отношении этого объекта. В основу классификации могут быть положены комплексные или комбинированные показатели качества воды, например гидробиологические или гидрохимические. Примером классификации речных вод с учетом ПДК с целью определения возможности их использования в зависимости от качества может служить табл. 2.13.

Анализ распределения по территории вод различного качества позволяет получить представление о степени загрязнения водных объектов по их длине. Одним из основных показателей степени загрязнения воды служит биологическое потребление кислорода (БПК).

Таблица 2.13

Возможности использования речной воды в зависимости от ее качества

Качество воды	Виды водопользоваиия				
	хозяйственно-нитьевое	промышленность	рыбное хозяйство	купание, епорт	транспорт
Очень чистая	Пригодна	Пригодна	Вполне пригодна	Вполне пригодна	Вполне пригодна
Чистая	Пригодна с хлорированием	,,	Пригодна	То же	Пригодна
Умеренно чистая	Пригодна со стандартной очисткой	,,	,,	Пригодна	,,
Загрязненная	Пригодна только со специальной очиеткой	,,	Пригодна (кроме ценных видов рыбы)	Использоваиие сомнительио	,,
Грязная	Непригодна	Пригодна для специальных целей после очистки	Непригодна	Непригодна	Использование нежелательно

Таблица типа 2.14 позволяет иметь общее представление о состоянии загрязнения водных объектов и прежде всего рек, протекающих в промышленных урбанизированных районах.

Таблица 2.14

Классификация оценки качества воды рек Англии

Категория вод	Показатель качества воды, ВПК мг/л	Отношение длины загрязненных участков к общей длине реки, %
Сильно загрязненные	> 12	5
Плохого качества	3–12, O_2 – менее 50 % насыщения	6
Сомнительного качества	3–12, O_2 – низкое содержание	15
Незагрязненные	<3, O_2 – высокое содержание	74

3. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КАК ОБЪЕКТ ОХРАНЫ

«Водные ресурсы – поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы».
«Водный кодекс РФ», ст. 1

3.1. Связь понятий «водные ресурсы», «экология» и «охрана водных объектов»

Существующие пресные воды, потенциально пригодные для использования, находятся на поверхности Земли в водотоках, водоемах, ледниках и под землей в водоносных горизонтах, подземных бассейнах и месторождениях.

В зависимости от вида водного объекта содержащиеся в них воды, т.е. водный ресурс, делят на возобновляемые водные ресурсы и статические (многолетние или вековые) запасы. Хотя гидрогеологи, различая понятия «запасы» и «ресурсы», понимают под ресурсами не столько все возобновляемые природные подземные воды, сколько лишь пригодные к эксплуатации воды, т.е. эксплуатационные ресурсы подземных вод, а общий объем воды, находящейся в земной коре в пределах рассматриваемого района, называют «запасами».

Возобновляемые водные ресурсы постоянно участвуют в большом и малом круговоротах воды на земном шаре, они неоднократно возобновляются в гидрологическом цикле.

Статические запасы пресной воды более постоянны во времени, и период их полного возобновления происходит в течении длительного времени (десятилетия, столетия и более). Поэтому уменьшение или загрязнение таких запасов приводит к весьма негативным последствиям. Наилучшим отношением человека к статическим запасам является их неприкосновенность.

Поверхностные водные объекты постоянно содержат в себе определенное количество пресной воды, которая считается при-

родным ресурсом. Этот ресурс является систематически возобновляемым, а его количество имеет двойственную форму оценки. При оценке за длительный период времени его определяют как среднемноголетнюю среднюю за год величину, которая будет практически постоянной, но при определении за отдельные фазы водности или за относительно короткий временной период количество воды может существенно меняться. При этом из общего количества воды, рассматриваемого как ресурс, необходимо оставлять в водном объекте определенный объем воды для удовлетворения экологических нужд. В связи с этим вопросы охраны водных объектов требуют особого внимания.

При оценке водных ресурсов больших территорий обычно учитывают лишь сток рек, поскольку объем используемой озерной воды обычно несопоставимо мал по сравнению с речным, за исключением озерных районов. Однако для конкретных экономических районов, больших городов и промышленных комплексов при оценке водных ресурсов учитываются все запасы воды, включая и подземные.

Вместе с тем определение водных ресурсов только как средних за многолетие не позволяет учесть колебания стока по годам, т.е. не учитывается существенное изменение водности в маловодные и многоводные годы. Поэтому наиболее полные и объективные данные можно получить лишь при оценке водных ресурсов по фазам стока для лет разной водности или обеспеченности стока.

Укоренившееся в водохозяйственной практике понятие о водных ресурсах лишь как о количестве воды, которое может быть использовано человеком, имеет явный утилитарный характер, поскольку учитывает только потребительское отношение человека к одному из основных элементов природной системы. На практике это выражается в диспропорции потребления воды и ее возврата, а также в изменении ее качества в сторону ухудшения.

Поэтому существующее определение водных ресурсов является недостаточным, поскольку отражает лишь одну потребительскую сторону. С учетом требований экологии *под водными ресурсами необходимо понимать то количество воды, которое используется или может быть использовано для хозяйственных нужд без ущерба для экологии водного объекта, но учитывая экономи-*

ческую целесообразность использования этого объекта. В известной мере понятие «экологический сток» становится синонимом понятия «статические запасы».

В этом определении учитывается не только возможное для использования количество воды, но и та доля воды, которая должна оставаться в водотоке или водоеме для сохранения его жизнедеятельности. Введение же экономического фактора позволяет оценить целесообразность допущения определенных количественных и качественных нарушений состояния водного объекта. Это связано с тем, что требование о сохранении естественного состояния водного объекта в любом случае далеко не всегда возможно выполнить. Однако естественно, что необходимо стремиться к минимальному ущербу, который может быть нанесен реке или озеру, особенно если они имеют социальное значение.

В каждом естественном водном объекте существует, а в искусственном формируется, своя экосистема. Все сообщества растений, микроорганизмов, рыб и животных находятся в тесной взаимосвязи, создавая неразрывную систему взаимодействующих организмов и популяций.

В экосистеме происходит постоянный обмен веществами и энергией. Живые организмы поглощают вещества и энергию из окружающей среды и возвращают их обратно в измененном виде. На эти процессы в водных объектах определяющее влияние оказывают гидрологический и гидродинамический режимы этих объектов.

Гидрологический режим водного объекта характеризует изменение его состояния во времени, обусловленное изменением гидрометеорологических условий, а также вмешательством человека. На реках и озерах наблюдаются естественные суточные, сезонные и многолетние колебания уровней и расходов или объемов воды, ее температуры, появление и исчезновения ледовых образований, изменение расходов наносов, состава и концентрации растворенных веществ, меняются скорость течений, площадь затопления или подтопления водой. Пока гидрологические процессы происходят относительно плавно и изменяются в неширокиx пределах, что соответствует средним по водности сезонам и годам, нарушений в экосистемах не происходит. Однако в экстремальные

по водности годы или сезоны (маловодные, многоводные) водные экосистемы или связанные с водными объектами экосистемы суши могут испытывать большие изменения. В самые маловодные сезоны или годы резко уменьшается сток воды в реках или падают уровни воды в озерах. Уменьшаются скорости течений, турбулентное перемешивание воды. Возрастает концентрация солей в воде, увеличивается минерализация и в целом химический состав. Если же к этому добавляются антропогенные нагрузки (сброс загрязненных стоков, забор воды), то качество воды ухудшается в еще большей степени, как и количество. Поэтому в маловодные периоды нередко происходит гибель гидробионтов, ухудшение питьевых качеств воды.

Водные ресурсы, заключенные в водных объектах, необходимо рассматривать как водную среду, обеспечивающую существование гидробионтов. Изучением режима и состояния этой среды обитания, точнее изучением влияния гидрологического режима водотоков и водоемов на жизненные процессы, в них протекающие, и на живые организмы, с ними связанные, должна заниматься гидроэкология [5]. В этом случае водные объекты рассматриваются как часть единой экологической системы *водная среда – производство – человек*, а происходящие в них процессы являются звеном общего процесса тепло- и массопереноса в системе *атмосфера – гидросфера – литосфера.*

При таком понимании водной экологии становится понятной разница в подходах к изучению гидроэкологии, охраны вод и их качества. Хотя все они взаимосвязаны, но лишь гидроэкология наиболее полно отражает проблемы изучения водных объектов в естественном и нарушенном состоянии с целью сохранения в них необходимых жизненных условий. В то время как вопросы охраны вод связаны с предотвращением или устранением последствий загрязнения или истощения водных объектов, вопросы качества вод связаны с анализом степени соответствия определенных показателей качества воды требованиям ее потребителей или водопользователей.

В случае водозабора из реки или озера там должен оставаться такой объем воды, который бы обеспечивал минимальные условия сохранения водных экосистем. Для рек это будет *экологический*

сток, т.е. то количество воды, которое должно оставаться в реке для обеспечения условий существования гидробионтов с одновременным сохранением ее необходимого качества, а также сохранения реки как элемента ландшафта. Экологический сток может меняться в течение года, а за его минимальное значение может быть принят такой расход воды, который уже наблюдался на рассматриваемом участке реки в периоды наименьшей водности при сохранении основных условий, обеспечивающих функционирование данной экосистемы, т.е. сохранения количества воды и ее качества. Аналогичные требования, но к объему воды, можно предъявить и к озерам.

При оценке экологического стока используется обычно минимальный 30-суточный (среднемесячный) расход воды 80 %-ной обеспеченности. Сопоставление наблюденных месячных расходов воды с рассчитанным экологическим стоком позволяет выявить на гидрографе стока периоды экологического неблагополучия в реке, а также периоды экологического резерва, когда речной сток может быть использован для хозяйственных нужд. Это позволяет осуществлять рациональное природопользование на конкретном водосборе. Одновременно необходимо производить экономическую и социальную оценку используемого объекта с учетом природоохранных требований.

Все вышеизложенное относится к возобновляемым водным ресурсам, включая подземные воды зоны активного водообмена.

3.2. Распределение водных ресурсов по территории России

Основное количество водных ресурсов формируется речным стоком на большей части территории России. Однако имеются достаточно обширные территории, где в формировании водных ресурсов большое участие принимают непосредственно озера (Карелия, Западная Сибирь) или вытекающие из них реки. Так, даже некоторые большие реки формируются озерными водами (реки Нева, Ангара, Умба, Нарва и др.). Поэтому величина стока таких рек значительно отличается от не озерных рек, расположенных на той же территории.

В зависимости от фазы водности реки в формировании водных ресурсов может участвовать весь водосбор или лишь его часть. В зоне достаточного увлажнения (лесная зона) вода с водо-

сбора поступает к замыкающему створу обычно со всего водосбора как в многоводную, так и в маловодную фазы стока. В зоне недостаточного увлажнения (степи и полупустыни) большие участки водосборов могут не участвовать в формировании стока. Поэтому отнесение рассчитанного в замыкающем створе стока воды ко всему водосбору будет фиктивным. Ближе к реальному будет оценка стока по фазам – многоводная и маловодная, т. е. в период половодья и в межень. При такой оценке водных ресурсов сразу будут видны особенности обводненности отдельных территорий. Например, в зоне многолетней мерзлоты в теплый период водный ресурс весьма большой, но зимой реки с площадью водосбора в среднем 5000 км^2 ежегодно промерзают на 4–5 месяцев, создавая большую проблему с водоснабжением зимой. Поэтому оценка водных ресурсов по годовому стоку дает лишь общее представление о водных ресурсах, сильно занижая эти ресурсы в теплый сезон и завышая в холодный.

Оценка водных ресурсов по годовому стоку, как постоянно возобновляемому ресурсу, имеет практическое значение для территорий (бассейнов) с коротким меженным периодом и длительным половодьем, а также при сопоставлении стран или регионов по обводненности или водообеспеченности для предварительной оценки на качественном уровне (больше – меньше).

С точки зрения охраны водных ресурсов можно сказать, что чем меньше водные ресурсы, тем больше внимания требуется уделить для их охраны.

Исследования Государственного гидрологического института показывают, что суммарные возобновляемые водные ресурсы России составляют 4348 км^3/год, что соответствует второму месту в мире. Однако по потенциальной водообеспеченности населения Россия находится на третьем месте, а по водообеспеченности территории – на шестом (табл. 3.1).

Суммарные водные ресурсы состоят из местных вод, т.е. сформированных на территории России (объем 4113 км^3/год), и притока из сопредельных территорий (объем 235 км^3/год). К этим водам можно добавить 32,6 км^3/год эксплуатационных запасов подземных вод. Однако по оценкам гидрогеологов эта величина составляет лишь 8 % от прогнозного запаса, равного 400 км^3/год.

Таблица 3.1

Возобновляемые водные ресурсы и водообеспеченность наиболее обводненных стран мира

Страна	Суммарные водные ресурсы, км^3/год	Потенциальная водообеспеченность	
		населения, м^3 в год на чел.	территории, мм в год
Россия	4348	28 700	237
Бразилия	8120	42 200	731
Канада	3420	109 000	330
США	3048	10 600	310
Китай	2700	2 100	281
Индия	2037	1 700	443

Обширность территории России и наличие нескольких климатических зон, как и разнообразие рельефа, обусловливают неравномерность распределения водных ресурсов, а следовательно, водных объектов, по территории России. Это видно из табл. 3.2 [3].

Таблица 3.2

Распределение водных ресурсов по федеральным округам

Федеральный округ	Местные ресурсы, км^3/год	Приток из сопредельных территорий, км^3/год	Потенциальная водообеспеченность местными водами, м^3/год на человека	Население, млн чел.
Дальневосточный	1571	297	234	6,7
Сибирский	1274	60,9	63,4	20,1
Северо-Западный	556	54,7	39,7	14,0
Уральский	379	225	30,6	12,4
Приволжский	171	113	5,48	31,2
Центральный	108	27,9	2,8	38,0
Южный	53,7	293	2,34	22,9
Россия	4113	235	28,31	145,3

К неравномерности распределения водных объектов по территории добавляется неравномерность распределения водных ресурсов во времени – по сезонам года. В многоводную фазу стока (половодье, паводки) происходят высокие подъемы уровней воды и разливы рек, когда могут затапливаться обширные территории и существенно меняться качество воды с преобладанием загрязнений воды в основном органическими ингредиентами в сельскохозяйственных районах, а в маловодные фазы стока (летний и зимний меженные периоды) сбросы загрязненных вод по объему могут оказаться сопоставимыми с величиной речного стока, и малая

река может превратиться в сточную канаву. Представление о распределение стока воды в реках по сезонам года в процентах от годового стока показано в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Распределение речного стока по сезонам года

Регион	Зима	Лето-осень	Весна
Южный Урал и Южное Заволжье	1–2	4–8	90–95
Урал, Восточная Сибирь	5	15–25	70–80
Северо-Восток Сибири	5	45–55	40–50
Камчатка, Дальний Восток, Забайкалье	5	55–65	30–40
Западная Сибирь	10	35–45	45–55
Север ЕТР	10–20	25–35	55–65
Запад и Юго-Запад ЕТР	20–35	30–35	30–50

С точки зрения охраны водных объектов, наибольшую тревогу вызывает зимний сезон, когда водность рек является наименьшей, а также летне-осенний сезон для рек Южного Урала и Прикаспийской низменности (наиболее засушливые территории России), поскольку почти весь сток на реках этого региона происходит в весенний сезон.

Неравномерность распределения речного стока по территории, в сочетании с неравномерностью распределения стока внутри года, усиливается наличием большого различия в численности населения по административным округам, что обусловливает большое различие в водообеспеченности населения. Ограниченные водные ресурсы и очень малую водообеспеченность имеют наиболее густо населенные *округа* – Приволжский (г. Нижний Новгород), Центральный (г. Москва) и Южный (г. Ростов на Дону). А среди *субъектов* Российской Федерации наименьшие водные ресурсы имеют Белгородская область – 2,7 км^3/год (или 1800 м^3/год на человека), Курганская обл. – 3,5 км^3/год, Курская обл. – 3,7 км^3/год и Орловская обл. – 4,1 км^3/год. Для сравнения Якутия имеет 900 км^3/год и 950 тыс. м^3/год на человека. Естественно, что в этих регионах необходимо обращать особенно большое внимание на охрану водных объектов.

3.3. Использование поверхностных вод

Все отрасли хозяйства по их отношению к водным ресурсам подразделяют на две категории: водопотребители и водопользователи.

Водопотребители забирают воду из источника и используют ее для бытовых нужд населения, для производства сельскохозяйственной и промышленной продукции, для тушения пожаров, а затем возвращают в водный объект, но уже в другом месте, в меньшем количестве и в другом (обычно худшем) качестве.

Водопользователи не забирают воду из источника (водного объекта), а используют ее как жидкую среду (водный транспорт, рыбоводство и др.) или как источник энергии (разного вида электростанции). Однако и они могут изменять качество воды и зависят от ее количества.

При современном комплексном использовании водных ресурсов грань между водопотребителями и водопользователями часто стирается. Например, водохранилища (особенно большие) используются для выработки энергии, водоснабжения, как транспортные артерии, для орошения. При этом меняется гидрологический режим реки, качество воды, увеличиваются потери воды на испарение. В последнем случае водохранилище само выступает в качестве водопотребителя.

С юридических позиций, согласно статьи 1 «Водного кодекса РФ», «под водопотребителем понимают потребление воды из систем водоснабжения», т.е. отражена лишь техническая сторона потребления и не раскрыт характер потребления. А под водопользователями понимают «физическое лицо или юридическое лицо, которым предоставлено право пользования водным объектом», т.е. человек как *водопотребитель* не рассматривается, что является явным недостатком кодекса. Там же определено, что «использование водных объектов (водопользование) – это использование различными способами водных объектов для удовлетворения потребностей Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, Муниципальных образований, физических лиц, юридических лиц». Хотя термины «пользоваться» и «потреблять» имеют разный смысл в русском языке.

Использование воды в зависимости от целей можно подразделить на питьевое, хозяйственное, коммунальное, объединяемое в понятие жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ), промышленное, сельскохозяйственное, энергетическое, транспортное, а также при мелиорации, для рыбного хозяйства, в рекреационных целях, для спорта.

Перечисленные виды использования воды и водных объектов требуют постоянного контроля и охраны от загрязнения, засоления и истощения. Однако существуют случаи, когда требуется охранять человека и его сооружения от воды при наводнениях и подтоплении территорий, а также при борьбе с оползнями берегов и склонов. В данном случае защита от воды не рассматривается.

При водопотреблении, в соответствии с «Водным кодексом РФ» (ст. 3), «водное законодательство и изданные в соответствии с ним нормативные правовые акты основываются» на принципе «*приоритета использования водных объектов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения* перед иными целями их использования. Представление их в пользование для иных целей допускается только при наличии достаточных водных ресурсов».

Другим принципом водного законодательства является «*приоритет охраны водных объектов перед их использованием.* Использование водных объектов не должно оказывать негативное воздействие на окружающую среду».

Важным, с экологической и охранной точек зрения, является вопрос о месте забора воды. Местоположение и конструкция водозабора должны обеспечивать не только требуемую надежность подачи и качество воды, но и минимум отрицательных последствий для окружающей среды.

Для соблюдения требований рыбозащиты необходимо ограничивать скорости всасывания воды в отверстиях водозаборов и устанавливать защитные решетки. Не следует производить забор воды на вогнутых берегах рек, где скапливается рыбная молодь, а также в нижних бьефах гидроузлов, где концентрируется рыба, идущая на нерест, и в самих местах нереста.

Не целесообразно осуществлять забор воды из слабопроточных и мелководных заливов. Предпочтительным местом размещения водозабора (особенно на крупных водохранилищах и озерах) является подветренный берег, где волновое воздействие минимально и ветер относит различные элементы поверхностного загрязнения. Воду обычно следует брать из эпилимниона, где лучше условия ее аэрации, но в то же время необходимо учитывать, что в евтрофных и мезотрофных водоемах в верхнем слое скапливается большое количество водорослей.

Большое влияние на выбор места водозабора оказывает мутность воды, так как ее осветление – одна из наиболее дорогостоящих операций.

Экологические проблемы могут возникнуть и в том случае, когда забор воды из водного объекта не производится. Так, при создании водохранилищ забор воды может и не осуществляться, но всегда происходит изменение водного, термического, ледового режимов. Меняются химические и биологические свойства воды. Существенные изменения происходят как в верхнем, так и в нижнем бьефах. Все это ведет к изменению водных и околоводных экосистем.

После забора воды и ее использования происходит ее сброс или, как сказано в Водном кодексе, «водоотведение», под которым понимают «любой сброс вод, в том числе сточных вод и (или) дренажных вод, в водные объекты». Естественно, что сброс вод в водные объекты прежде всего влияет на их качество. Хотя в маловодную фазу стока оно может быть сопоставимо и с имеющимся количеством воды и даже превышать ее. В последнем случае река может превратиться в сточную канаву, что, к сожалению, бывает в крупных промышленных районах. Поэтому там необходимо осуществлять особо строгую охрану существующих водных объектов.

Системы отведения промышленных, сельскохозяйственных и бытовых вод могут включать в себя пруды-накопители. По своему назначению пруды-накопители разделяются:

– на накопители-регуляторы, которые перераспределяют во времени сброс сточных вод, аккумулируя их в маловодные периоды и сбрасывая в многоводные;

– накопители-испарители, отдача воды из которых происходит только через испарение и которые в результате аккумуляции поступающих загрязняющих веществ имеют ограниченный срок эксплуатации – до исчерпания объема пруда;

– накопители-отстойники, используемые для очищения вод от взвешенных веществ.

С водоохранных и экологических позиций наиболее важным моментом является разработка такого режима отдачи из пруда загрязненных вод, чтобы в контрольном створе реки-водоприемника не происходило превышение норм предельно допустимой концен-

трации (ПДК) загрязняющего вещества. Режим работы пруда разрабатывается на основании расчетов его водного и солевого балансов с учетом режима стока реки, минерализации ее вод, характера водопользования, гидробиологических особенностей. Например, для того чтобы не только происходило разбавление сбрасываемых вод, но и сохранялись благоприятные условия нереста рыбы, необходимо производить отдачу из пруда в первой половине половодья.

При создании прудов важным моментом является недопущение фильтрации из них в подземные водоносные горизонты и близлежащие водные объекты. Это достигается выбором места с соответствующими геологическими и гидрогеологическими условиями, созданием ограждающих дамб, укреплением берегов и т.п.

При создании пруда-накопителя в районе рассредоточенного поверхностного загрязнения – сельскохозяйственное производство, промышленные и горнорудные отвалы, свалки и т.п. – необходима организация специальной системы сбора поверхностного стока с загрязненной территории.

Снижение уровня загрязнения водных объектов сточными водами от различных видов хозяйственной и бытовой деятельности человека достигается в основном по следующим направлениям.

Первое – изменение технологических процессов, их совершенствование с целью снижения количества и видового состава загрязняющих отходов. Внедрение малоотходных и безотходных производств.

Второе – переход на ресурсосберегающее водообеспечение с максимально возможным использованием последовательной и оборотной систем водоснабжения, местной доочистки вод. С экологической и водоохранной точек зрения использование таких систем особенно эффективно в районах недостаточного увлажнения.

Третье – совершенствование методов очистки использованных вод. Причем в отношении методов активной очистки сточных вод с созданием специальных очистных сооружений и систем следует отметить, что локальная очистка вод, однородных по характеру загрязнения, намного эффективнее, проще и дешевле, чем очистка смеси сточных вод на централизованных очистных сооружениях.

И, наконец, в случаях неполной очистки сточных вод или ее невозможности объекты-водоприемники, их гидрологический режим и гидробиологические особенности, режим сброса или способ захоронения сточных вод должны быть выбраны так, чтобы обеспечить соблюдение водоохранных и экологических норм.

После сброса в водные объекты сточные воды вовлекаются в процесс разбавления, перемешивания и самоочищения.

На реках самым неблагоприятным периодом для сброса сточных вод является меженный (или период низкого стока), когда сток рек минимальный. Продолжительность меженного периода может колебаться от 1 до 6–8 месяцев. На большинстве рек России он наблюдается в зимний и летне-осенний сезоны.

В меженный период уровень воды и скорость течения в реках наименьшие. Летом русла рек (особенно равнинных) зарастают водной растительностью, что увеличивает мертвые пространства (участки в русле, где отсутствует течение). Температура воды достигает максимальных значений, что способствует развитию разного рода микроорганизмов и бактерий, в том числе и болезнетворных, хотя одновременно и усиливает интенсивность химических реакций в воде.

Зимой в меженный период при малой скорости течения и небольших глубинах очень вероятно промерзание воды до дна на больших по протяженности участках рек. На неперемерзающих реках сильно снижается количество кислорода в воде вследствие его потребления на разложение отмирающей водной растительности и из-за наличия ледяного панциря, мешающего доступу кислорода воздуха и света в водную среду. Это, а также низкая температура воды, обусловливают резкое замедление физико-химических процессов, способствующих самоочищению воды. Поэтому именно меженный сток должен прежде всего рассматриваться как лимитирующий фактор использования рек в хозяйственных целях.

Практика показывает, что любое водопотребление и водопользование ведет к изменению водного режима и ухудшению качества воды. Эффект воздействия меняется от вида хозяйственной деятельности и ее интенсивности. Наибольшие изменения в состоянии водных объектов, как правило, возникают, когда человек осуществляет крупномасштабные изменения в природной среде,

особенно, если задачи по минимизации отрицательных последствий отодвигаются на второй план или вообще не ставятся.

В настоящее время накопившиеся экологические проблемы заставляют людей менять свое мышление и отношение к природе. Все больше и больше сознается необходимость не только брать у природы, но и беречь ее, сохранять то, что осталось нетронутым, и восстанавливать то, что успели нарушить. Только в этом случае человечество имеет перспективы на будущее. И именно охрана водных объектов с учетом требований экологии призвана обеспечить наиболее рациональное их использование на неоднозначном пути прогресса, объединив необходимость хозяйственного развития с сохранением природной среды.

К началу XXI в. в России потреблялось 65 км^3/год пресной воды, из которых 63 % составляли воды, использованные для промышленно-хозяйственного потребления, 22 % – для хозяйственно-питьевого (ЖКХ) и 15 % – сельским хозяйством (на орошение и водоснабжение) [3]. Из всей потребляемой воды лишь 15 % приходится на подземные воды, а остальные 85 % воды забирается из речных и озерных систем. Практически единственным источником питьевого и хозяйственного водоснабжения являются реки и озера городов Санкт-Петербург, Москва, Нижний Новгород, Екатеринбург, Омск, Волгоград, Красноярск, Якутск, Владивосток и других подобных больших городов. В случае выхода из строя водозаборов во время чрезвычайных ситуаций такие города могут испытывать большие проблемы с водоснабжением, тем более, что 20 % питьевых вод уходит для нужд промышленности, а в некоторых районах – даже для нужд орошения.

Проблема экономии воды, особенно питьевой, постоянно возрастает. В 80-х годах XX в. благоустроенность городов оценивалась по удельному водопотреблению на человека и считалось, что чем оно больше, тем лучше, поэтому потребление воды доходило до 500–600 л/сут. на человека. Однако в конце XX в. – начале XXI в. началась борьба за сокращение водопотребления в целях экономии воды, прежде всего за счет установки счетчиков воды, повышения платы за пользование водой, изменения технологии производства, точнее, разработка и внедрение водосберегающих технологий.

В России после 1990 г. в результате социально-экономического кризиса 90-х годов водопотребление сократилось на треть, поскольку резко сократилось промышленное и сельскохозяйственное производство, уменьшилась площадь орошаемых земель. Более того, в южных районах России усилилась миграция населения, уменьшились природные ресурсы и возросло их загрязнение, что обострило проблему водообеспечения и охраны вод.

Главным потребителем воды (по значимости ее для общества) является *жилищно-коммунальное хозяйство*, которое призвано обеспечивать население городов и поселков прежде всего качественной питьевой водой в достаточном количестве. К сожалению, эта же вода используется и для бытовых, коммунальных (бани, полив дорог и растений и др.), транспортных целей, хотя целесообразно разделение питьевой и технической воды, что иногда существует. В ряде регионов страны вода стала одной из главных социально-экологических проблем. В конце XX в. источниками централизованного водоснабжения служили 65 % поверхностных объектов и 35 % подземных вод. В 1970 г. соотношение было 77 и 23 % соответственно, что свидетельствует об увеличении роли подземных вод в водоснабжении населения [13].

Рост водопотребления связан с увеличением численности населения городов и их благоустройством. Показателем использования воды на хозяйственно-питьевые нужды является расход воды, использованной одним человеком в сутки. Общий расход воды (л/с) можно определить по формуле:

$$Q = N \cdot q \cdot K_{с} \cdot K_{ч} / 86\,400, \qquad (3.1)$$

где N – численность населения; q – среднесуточная норма потребления воды; $K_{с}$ – коэффициент суточной неравномерности потребления воды; $K_{ч}$ – коэффициент часовой неравномерности.

Максимальное потребление воды происходит при наиболее благоустроенном жилище, когда имеется водопровод, канализация, централизованное горячее водоснабжение. В 1998 г. в Москве на хозяйственно-питьевые нужды один человек расходовал в сутки в среднем 610 л, а в Санкт-Петербурге – 330 л, как и в Северо-Западном регионе против 400 л в Центральном. В остальных регионах в основном 300-350 л, как и в целом по России (350 л).

Норма водопотребления уменьшается при отсутствии горячего водоснабжения. При наличии только водопровода и канализации она снижается в 2–2,5 раза. Наименьшее потребление воды происходит при отсутствии всех благ цивилизации, включая и отсутствие водопровода и канализации. В этом случае водопотребление падает до 30–60 л в сутки.

Потребление воды во времени происходит весьма неравномерно, поэтому в расчетах общего водопотребления используются специальные коэффициенты, учитывающие изменения водопотребления в течение суток и посуточно. Коэффициент суточной неравномерности изменяется от 1,05 до 1,33 в зависимости от степени благоустройства. Коэффициент наименьший при максимальном благоустройстве и наибольший – при минимальном благоустройстве жилища. Коэффициент часовой неравномерности меняется в большей степени – от 1,2 до 2,0, имея наибольшее значение для неблагоустроенных зданий.

Для количественной характеристики использования воды важно знать не только суммарный объем забора воды, но и безвозвратное водопотребление. Оно рассчитывается в процентах от объема забранной воды и зависит от вида водопользования и условий подачи воды.

При использовании воды населением большая ее часть возвращается в гидрографическую сеть в виде сточных вод, остальная часть расходуется на испарение и на потери в сетях водопровода при транспортировке. Доля безвозвратного потребления воды в России и США составляет 10–20 % от объема водозабора, а в Западной Европе – лишь 5–10 %. В сельскохозяйственных районах она возрастает в 1,5–2 раза.

Для хозяйственно-бытового водоснабжения используются как поверхностные, так и подземные водные источники. Наилучшими источниками считаются межпластовые артезианские воды. Эти воды защищены от прямого попадания загрязняющих веществ водонепроницаемыми породами и отличаются постоянством химического состава и температуры, низкой мутностью и отсутствием бактерий. Использование таких вод позволяет свести к минимуму затраты на водоподготовку.

В связи с высокой ценностью артезианских вод их следует рассматривать как стратегический резерв и расходовать очень экономно. Особое внимание следует уделять охране от загрязнения области питания водоносных горизонтов и не допускать бесцельного излива вод через пробуренные скважины. Такие же меры охраны следует применять и к лечебным минеральным водам.

После артезианских вод следующими по ценности для хозяйственно-питьевого водоснабжения считаются глубокие грунтовые воды, затем воды сточных озер и водохранилищ, воды рек и затем воды бессточных озер.

Характерной чертой хозяйственно-питьевого водоснабжения является сочетание исключительно высоких требований к качеству забираемой воды с высокой степенью загрязнения отводимых использованных вод. Хозяйственно-бытовое использование вод сопровождается их загрязнением, в результате которого сточные воды приобретают высокую бактериологическую загрязненность, содержат большое количество мусора, растворенных солей, химических веществ, отходов жизнедеятельности людей, животных и пр. Эти воды являются основным источником поступления в водные объекты соединений азота. Способность рек и водоемов очищаться от таких соединений в первую очередь зависит от наличия в воде кислорода. В аэробных условиях происходит благоприятная в отношении качества воды трансформация по цепи: мочевина – аммиак – нитриты – нитраты. В анаэробных же условиях процесс развивается в противоположном направлении. Поэтому одним из средств очищения сточных вод и поддержания высокой интенсивности процесса самоочищения является создание условий для аэрации воды.

Хозяйственно-бытовые сточные воды являются основным источником поступления в водные объекты синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) – искусственных веществ, широко применяемых в быту и промышленности. В результате значительно ухудшаются органолептические свойства воды (вкус, запах). Но наиболее существенным моментом является ухудшение аэрации воды, что связано с концентрацией СПАВ на поверхности воды в виде пены. Уменьшение содержания кислорода в воде приводит к медленному распаду нефтепродуктов, органических, кан-

церогенных и других загрязняющих веществ. Кроме того, СПАВ отрицательно воздействует на рыб и зоопланктон.

Если ЖКХ являются главным потребителем воды, то промышленность относится к основному загрязнителю природных вод.

Потребности промышленности в воде колеблются в широких пределах и зависят не только от отрасли, но и от применяемой технологии производственного процесса, принятой системы водоснабжения (прямоточной, оборотной или повторно-последовательного водоснабжения). Доля используемой в промышленности воды в 80-х годах XX в. составляла 60 % от общего количества используемой воды. К началу XXI в. она сократилась до 55 % общего водопотребления.

При прямоточной системе водоснабжения промышленного предприятия вода из водного источника подается к отдельным объектам производственного комплекса, используется в процессе производства продукции, затем по канализационным линиям поступает на очистные сооружения, после чего сбрасывается в водоток или водоем на соответствующем расстоянии от водозабора. При прямоточной системе водоснабжения расходуется большое количество воды, однако безвозвратное водопотребление мало. Следует помнить, что Водным кодексом «проектирование прямоточных систем технического водоснабжения не допускается» (ст. 60).

При оборотной системе водоснабжения отработанная вода после очистки не сбрасывается в водоемы или в водоток, а опять используется в процессе производства. Расходы воды при этой схеме водоснабжения невелики и определяются расходом, необходимым для восполнения безвозвратного водопотребления в процессе производства и очистки (регенерации), а также периодической замены воды в оборотных циклах после ее последней очистки.

В результате экономического кризиса с конца 80-х годов XX в. началось быстрое уменьшение потребления воды промышленностью. С 1991 по 1998 г. суммарное водоснабжение уменьшилось на 30 %, причем забор свежей воды сократился с 50 до 35 км^3, а оборотной и повторно-последовательной – со 168 до 121 км^3 [13].

Объем водопотребления в известной мере служит индикатором развития промышленности или ее упадка. Наибольший объем водопотребления происходит в энергетике. На долю теплоэнерго-

станций приходится три четверти объема потребляемой воды, атомными станциями потребляется пятая часть воды и лишь около полутора процентов потребляют гидроэлектростанции.

Законодательными актами и нормативными документами предусматривается необходимость соблюдения водоохранных требований к режиму водопотребления и сброса использованных вод, обеспечивающих необходимое качество воды в водных объектах и их экологическое состояние. Однако в силу экономических и технологических причин, а иногда просто из-за безответственности, не всегда удается соблюсти нормативы, несмотря на предусматриваемые за это штрафы.

Промышленное водоснабжение, как правило, осуществляется из поверхностных источников. В первую очередь это относится к водоемким производствам (металлургическое, целлюлозно-бумажное, нефтехимическое и т.п.). Если на производственные нужды расходуется небольшое количество воды, то в этом случае предприятия могут пользоваться водой из городских водопроводов.

Зачастую в те же водные объекты, которые используются для водоснабжения, производится и сброс загрязненных вод. Лишь в отдельных случаях, когда сточные воды содержат токсичные вещества, от которых невозможно или очень трудно освободиться, возможно захоронение стоков путем их закачки в глубокие изолированные водоносные горизонты.

Последствия промышленного воздействия на водные ресурсы отражаются, конечно, в первую очередь на состоянии водных объектов и окружающей природной среды, условиях жизни человека и его здоровье. Кроме того, промышленность, являясь загрязнителем вод, сама терпит от этого убытки, поскольку требуются дополнительные затраты на водоподготовку, а использование вод низкого качества ухудшает продукцию, снижает КПД оборудования и сроки его действия.

Каждый вид производства предъявляет свои требования к качеству воды (наибольшие – пищевая промышленность). Большое значение имеют минерализация, мутность, жесткость воды и содержание важных для какой-либо определенной технологии химических элементов. С этими свойствами воды связано отложение солей (накипи) на стенках труб и котлов, засорение аппаратуры и

т.п. Повышенное содержание в воде некоторых химических элементов, кислот, солей проявляется в таком свойстве воды, как агрессивность, вызывающем коррозию металлов, бетона и других материалов.

Усиление коррозии оборачивается большими экономическими издержками. При этом могут происходить как незначительные (например, аварии на водопроводах), так и катастрофические разрушения. Примером последнего является авария на шлюзе Камской ГЭС осенью 1994 г., когда изъеденные коррозией ворота шлюзовой камеры не выдержали напора воды. Береговым сооружениям нижерасположенного города Перми угрожала волна прорыва, и лишь своевременное закрытие аварийных ворот позволило предотвратить катастрофу.

В районах концентрации горной, газо- и нефтедобывающей промышленности помимо забора воды происходит сброс большого количества шахтных, рудничных, карьерных, межпластовых подземных вод, которые являются источником существенного загрязнения рек и водоемов. К сточным водам относятся все отводимые воды: как откачиваемые подземные воды, так и воды, используемые в технологических процессах (для оттаивания и разрушения пород, промывки и проходки, заполнения пустот и поддержания давления, транспортировки и т.п.).

При откачке подземных вод образуются депрессионные воронки. В результате происходит высыхание родников и колодцев, уменьшение водности рек (особенно малых) в меженный период. Иногда наблюдается интенсивная фильтрация загрязненных речных вод из русел в осушаемые подземные водоносные горизонты. Возможно изменение влагосодержания верхнего слоя почвогрунтов и деградация растительного покрова. В первую очередь это проявляется на пойменных почвах.

Ниже места сброса откачиваемых вод, наоборот, может произойти увеличение речного стока и главное – существенно ухудшается качество воды. Сбросные воды горно-рудной промышленности имеют очень большую мутность, их минерализация намного выше минерализации поверхностных вод. Часто эти воды имеют повышенную кислотность или щелочность и повышенную жесткость. Межпластовые воды нефтепромыслов содержат много неф-

ти и взвешенных частиц. Все это усугубляется тем, что в условиях горно-рудного производства затруднено использование очистных сооружений.

Часто добыча песка и гравия ведется непосредственно из русел рек. В результате в воду не только поступает большое количество минеральных взвесей, но и увеличивается ее мутность, и даже может существенно понизиться уровень воды в районе подводного карьера. Например, на р. Томи у г. Томска уровень меженных вод понизился на 2,5 м.

При понижении уровня происходит обрушение берегов, иссушается пойма, оголяются водозаборы и т.д. Выше и ниже карьера усиливается русловой процесс. В результате ухудшается состояние нерестилищ, заносятся песком зимовальные ямы. Возможны размывы опор мостов, набережных и других сооружений.

Опасным последствием карьерных работ в руслах рек может стать появление «окон», через которые загрязненные речные воды начинают интенсивно поступать в подземные водоносные горизонты.

Часто встречающимся видом промышленного загрязнения поверхностных вод является тепловое загрязнение. Этот вид загрязнения проявляется при сбросе многих производственных вод, но наиболее ярко выражен при эксплуатации энергетических предприятий.

Возможным путем загрязнения поверхностных вод является промышленное загрязнение атмосферы и вызванное этим повышение минерализации атмосферных осадков. Как правило, минерализация и мутность осадков незначительны, однако в промышленных районах и крупных городах могут достигать 30–50 мг/дм^3 (минерализация) и 100–300 мг/дм^3 (мутность). При таких значениях мутности осадков на 1 га поверхности в год может поступать до 15 кг пылевых частиц.

В промышленных районах химический состав осадков по некоторым элементам (хром, железо, медь, свинец) может приближаться к составу речных вод. Однако главная проблема связана с явлением, получившим название «кислотные», или «кислые», дожди. Они образуются при взаимодействии атмосферных паров с газами, содержащими оксиды серы и азота. Величина pH таких осадков снижается до 4.

Кислотные дожди вызывают пространственное загрязнение и в связи с этим – большие экологические нарушения. Под их воздействием может происходить угнетение и деградация растительного покрова, почвы, ихтиофауны и животного мира на большом расстоянии от промышленных объектов.

Наиболее восприимчивы к кислотному воздействию территории с песчаными почвами. Менее чувствительны бассейны с распространением известковых пород. По-разному реагируют на кислотные дожди и различные виды растений. Например, пшеница и хлопчатник более чувствительны, чем картофель и кукуруза.

Поскольку потери воды в промышленном производстве находятся в пределах 5-10 %, главной причиной возникающих экологических проблем является изменение состава использованных вод, приводящее к существенному ухудшению их качества и нарушающее нормальное функционирование водной и околоводной экосистем.

Использование воды для выработки электроэнергии происходит на теплоэнергетических, гидроэнергетических и атомных станциях. В соответствии с характером этих производств различают и последствия их воздействия на окружающую природную среду и, в частности, на водные объекты. Другие способы получения энергии с использованием ветровой, солнечной, приливной и геотермальной энергий пока не дают сколько-нибудь значимый вклад в общую выработку энергии. Поэтому так называемые альтернативные источники энергии оказывают исключительно местное влияние на природу, не вызывая в целом проблем, связанных с ее изменением.

Теплоэнергетическое производство, как и многие другие виды промышленной деятельности, вызывает загрязнение атмосферы и поверхностных вод (взвешенными веществами и нефтепродуктами в результате работы систем гидрозолоудаления, промывок и консервации оборудования) [5]. Одним из основных последствий производства электроэнергии и тепла на тепловых и атомных электростанциях (ТЭС и АЭС) или теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) является тепловое загрязнение водных объектов. На тепловых станциях вода в первую очередь используется для охлаждения оборудования. На предприятиях большой мощности расход воды, идущий на эти

цели, может составлять несколько десятков кубических метров в секунду. Суммарное водопотребление теплоэнергетических производств является наибольшим в общем промышленном водопотреблении. При использовании прямоточной или оборотной системы водоснабжения с водоемом-охладителем в водные объекты поступает большое количество подогретой воды с температурой на 8-10 °С больше естественных значений.

Помимо энергетических производств значительное тепловое загрязнение происходит и при некоторых других видах деятельности, например в металлургии, и даже от хозяйственно-бытовых стоков. В связи с этим в наибольшей степени тепловое загрязнение рек и водоемов происходит в крупных городах и местах концентрации промышленных предприятий.

Кроме отрицательного влияния на качество воды тепловое загрязнение ведет к увеличению безвозвратных потерь водных ресурсов. Это связано с потерями на испарение. В районах недостаточного увлажнения, когда наблюдается дефицит воды, это может привести к еще большему обострению проблем, обусловленных использованием водных ресурсов. По безвозвратным потерям более экономичны системы охлаждения с прямоточным водоснабжением. Однако их использование возможно лишь при достаточно большом избытке водных ресурсов. В оборотных системах с использованием водоемов-охладителей, и особенно градирен, потери на испарение значительно возрастают, но при общем дефиците воды их применение становится более эффективным.

Производство энергии гидроэнергетическим способом осуществляется на гидроэлектростанциях (ГЭС), располагаемых на реках. Строительство ГЭС в большинстве случаев сопровождается созданием водохранилища и регулированием речного стока. При этом на базе созданного водохранилища формируется водохозяйственный комплекс, в котором производство энергии является не единственным элементом, хотя зачастую имеет первостепенное значение. Создание водохранилищ и регулирование речного стока позволяет также решать задачи промышленного и питьевого водоснабжения, ирригации, водного транспорта, борьбы с наводнениями и некоторые другие.

Все участники водохозяйственного комплекса, сформировавшегося вокруг водохранилища, оказывают воздействие на окружающую природную среду в соответствии с характером хозяйственной деятельности, но есть такие отрицательные последствия, которые непосредственно вызваны созданием водохранилища и изменением естественного водного режима реки [1]. Особенно значительное влияние на природную среду оказывают крупные водохранилища в равнинных районах.

К отрицательным последствиям создания водохранилищ следует отнести затопление ценных в экологическом и сельскохозяйственном отношении пойменных земель и подтопление прибрежной территории. Естественно, что наибольшие потери земель происходят при создании крупных водохранилищ на равнинных реках, как, например, на р. Волге. Ценные в хозяйственном отношении участки на равнинных реках составляют 30–50 % от площади затопления.

Затопление местности лишает многих представителей фауны привычных, наиболее благоприятных условий обитания, что ведет к существенному уменьшению их численности. Отлов и переселение зачастую дают незначительный эффект, так как многие животные, например лоси, олени, косули, стремятся вернуться на прежние места обитания. При этом возможна их массовая гибель, так как затопленными оказываются места обитания, а на путях миграции появляются непреодолимые водные преграды.

Если в зоне постоянного (до отметки уровня мертвого объема) или временного (до отметки форсированного подпорного уровня) затопления оказываются населенные пункты или хозяйственные объекты, то возникает необходимость их переноса и переселения людей. Такие мероприятия связаны с огромными не только материальными, но и социальными проблемами. В некоторых случаях – крупные населенные пункты, важные хозяйственные объекты, особо ценные сельскохозяйственные земли – возникает необходимость создания системы сооружений по защите от затопления. Обычно такая система включает дамбы (незатопляемые для населенных пунктов или затопляемые для сельхозугодий), нагорные канавы и каналы отвода притока поверхностных вод на защищаемую территорию, насосные станции откачки поверхностных и

подземных вод, трубопроводы, шлюзы и т.п. Затраты на инженерную защиту от затопления и берегоукрепление нередко могут составлять половину от всех капиталовложений.

Кроме прямого затопления территории, заполнение чаши водохранилища водой вызывает подтопление прибрежных участков, связанное с повышением уровня грунтовых вод. Подтопление ведет к потере или уменьшению сельскохозяйственной ценности земель, ухудшению условий произрастания травяной и древесной растительности. Особенно заметно это проявляется в зонах умеренного и сильного подтопления, где уровень грунтовых вод располагается на глубине менее 0,9–1,3 м на тяжелых грунтах и менее 0,3–0,4 м на легких грунтах.

В районах избыточного увлажнения подтопление проявляется в развитии процессов заболачивания и торфонакопления, в преобладании в травостое макрофитов и гигрофитов. При сильном подтоплении начинается отмирание древесной растительности, хотя умеренное подтопление способствует ее развитию. В аридных районах подтопление способствует засолению почв и ведет к деградации растительности, хотя при слабом подтоплении возможно повышение жизнестойкости растительных сообществ.

Подтопленные земли, как правило, нецелесообразно использовать как пашни и пастбища, а предпочтительней переводить под сенокосы с подбором трав, соответствующим составу почвы и уровню грунтовых вод.

Механическое воздействие ветровых волн и льда на берега водохранилища активизирует процесс их переформирования, называемый переработкой берегов. Кроме указанных факторов, на интенсивность процесса переработки оказывают влияние вдольбереговые течения, положение уровня грунтовых вод в прибрежной зоне, уровенный режим водохранилища, механический состав грунтов, рельеф и некоторые другие условия. Наибольшая интенсивность процесса наблюдается при крутых склонах берега, сложенных рыхлыми песками при неглубоком сезонном регулировании, когда уровень воды мало изменяется в течение года.

Процесс переработки берегов может продолжаться несколько десятков лет и охватывает береговую полосу шириной 200–300 м, но наибольшая активность наблюдается в первые годы (20–30 м за

сезон). При переработке берегов увеличивается мелководная литоральная область. С вымытым грунтом поступают минеральные вещества, что способствует развитию фитопланктона в глубоководных частях водохранилища. В прибрежной зоне из-за высокой мутности рост планктона тормозится, так же как бентоса и макрофитов (из-за подвижности грунта), но из-за поступления органических веществ наблюдается развитие бактерий и червей.

Отрицательным следствием переработки берегов также является развитие процесса оврагообразования и потеря земельных ресурсов. Для предотвращения этого производят укрепление берегов и мелиорацию овражно-балочной сети (залужение, лесопосадка, создание запруд и т.п.), а также вводится особый режим хозяйственной деятельности в пределах водоохранной зоны и полосы вокруг водохранилища.

Создание водохранилищ отрицательно сказывается на рыбохо-зяйственной ценности рек. Это в первую очередь связано с тем, что подпорные сооружения препятствуют ценным породам проходных и полупроходных рыб доходить до мест нереста. Кроме того, требования рыбного хозяйства к уровенному режиму водохранилища не совпадают с требованиями других водопользователей, которые считаются более важными (энергетика, орошение и т.п.).

В результате создания водохранилищ уменьшается численность ценных литофильных рыб (осетр, жерех, нельма и др.), которые заменяются частиковыми и сорными видами (лещ, сазан, щука, плотва и др.). Этому способствует увеличение мелководий и слабопроточных участков, хорошо прогреваемых, заросших макрофитами, т.е. благоприятных для нереста и нагула фитофильных видов.

При создании водохранилищ рыбное хозяйство целесообразно переориентировать на частиковые виды. При этом важным фактором поддержания на высоком уровне рыбопродуктивности водоема является его уровенный режим. В период нереста и созревания икры (весной) уровень должен быть стабильным. Влияние форсировки уровня на численность рыбного стада определяется ее продолжительностью и температурой воды, при которой форсировка производилась. Сработка должна начинаться только после появления мальков и производиться достаточно плавно, чтобы молодь успевала покидать обсыхающие участки.

Отрицательную роль играют глубокие зимние сработки уровней, когда рыба не успевает отойти на глубины или гибнет от заморов в зимовальных ямах, а также происходит гибель макрофитов и зообентоса на мелководных участках.

Режим уровней водохранилища изменяет и, как правило, не в лучшую сторону, условия жизни водоплавающих птиц и таких животных, как ондатра, выдра, бобер. Для птиц неблагоприятен как подъем, так и спад уровня (затопление гнезд и доступность для хищников) в результате обсыхания. Для животных неблагоприятна зимняя сработка из-за потери выходов в воду.

Создание водохранилища и регулирование стока может привести к неблагоприятным последствиям и в нижнем бьефе гидроузла. Снижение максимумов весеннего половодья уменьшает продолжительность и частоту затопления поймы, что ведет к обезвоживанию и снижению продуктивности. Поймы теряют свое сельскохозяйственное и рыбохозяйственное значение, в южных районах происходит их остепнение (например, низовья Дона).

При работе ГЭС в суточном режиме регулирования, когда происходят резкие колебания расхода и уровня, наблюдаются неблагоприятные условия для созревания икры, жизни рыб и околоводных сообществ животных.

Пониженная мутность вод, сбрасываемых в нижний бьеф, ведет к интенсификации размыва русла реки, обрушению берегов. Суточное регулирование активизирует эти процессы. Интенсивные русловые процессы затрудняют водопользование (судоходство, водозабор и т.д.) на значительном расстоянии от гидроузла. Понижение уровней на главной реке ведет к интенсификации размыва берегов на притоках, что усиливает эрозию почвы на значительной площади вдоль всего нижнего бьефа.

Формирование полыньи ниже гидроузла создает условия для образования зажоров и, как следствие, зимних затоплений, которые особенно опасны, если распространяются в пределах участков, где расположены населенные пункты.

Кроме перечисленных выше прямых воздействий водохранилищ на окружающую среду выделяют косвенные воздействия. Из них наиболее явными являются климатические изменения. Крупные водохранилища уменьшают континентальность климата. Это

проявляется в повышении влажности воздуха, образовании туманов, усилении явлений обледенения и гололедов, изменении направления и скорости ветра, уменьшении годовой амплитуды температуры воздуха. Изменяются сроки замерзания и вскрытия реки, ее температурный режим. К косвенным воздействиям водохранилищ относят также повышение сейсмической активности в районе крупных водохранилищ после их заполнения.

Накопленный опыт строительства водохранилищ и регулирования стока не только выявил связанные с этим отрицательные последствия, но и способствовал выработке правил проектирования и эксплуатации, которые позволяют если не избежать полностью, то минимизировать неблагоприятные явления. Мелководья могут использоваться при организации на водохранилищах рыбоводческих хозяйств. Они являются наиболее благоприятными местами для создания нерестилищ и участков нагула молоди. Хорошо организованная рыбоводческая деятельность не только компенсирует рыбохозяйственные потери, но и в некоторых случаях даже увеличивает рыбопродуктивность. Кроме того, мелководные участки могут использоваться в сельскохозяйственном производстве для получения кормов из обильно развивающейся на мелководьях водной растительности или для выращивания риса, а также в зверо- и птицеводстве для выращивания околоводных пушных животных и водоплавающей птицы. Ил, скапливающийся в прибрежной зоне, можно использовать на сельскохозяйственных полях, что существенно увеличивает их продуктивность.

Подтопленные земли при соответствующей их мелиорации не выпадают из сельскохозяйственного производства. Существенных потерь земель от затопления удается избежать, если делать акцент на создание водохранилищ в полугорных и горных районах.

Возможность регулирования стока, отдаваемого в нижний бьеф водохранилища, позволяет производить не только рыбохозяйственные и сельскохозяйственные попуски, обеспечивающие поддержание продуктивности поймы, но и санитарные попуски для поддержания требуемого качества воды.

При оценке отрицательного влияния водохранилищ на окружающую природную среду не следует забывать, что их создание позволяет решать вопросы хозяйственно-питьевого и промышлен-

ного водоснабжения, энергообеспечения, социального развития, орошаемого земледелия, т.е. решать проблемы, которые остры и важны для человека не менее чем экологические. Поэтому основной проблемой при создании и эксплуатации водохранилищ является сочетание хозяйственных интересов с экологическими путем минимизации экологического ущерба, и задачи охраны вод должны решаться в полной мере.

Сельское хозяйство всегда являлось крупнейшим потребителем воды для орошения, особенно в южных районах Советского Союза. В 70–80-х годах прошлого века суммарный водозабор составлял 37 % общего забора воды в стране, однако к концу 90-х он уменьшился почти вдвое вследствие резкого уменьшения орошаемых площадей. Как отмечено в [13], «одна из главных причин такого положения заключалась в отсутствии необходимого финансового обеспечения отрасли как со стороны хозяйств-водопотребителей, так и со стороны водохозяйственных эксплуатационных организаций. Если до 1990 г. содержание насосных станций финансировалось из бюджета государства, то с 1991 г. труд обслуживающего персонала и электроэнергия оплачивались хозяйствами, а с 1993 г. все затраты по ремонту и эксплуатации внутрихозяйственной оросительной сети должны возмещать хозяйства. В связи с резким удорожанием стоимости электроэнергии и услуг водохозяйственных организаций хозяйства отказывались заключать договоры на эксплуатацию оросительных систем, что приводило к недоливу орошаемых земель. Негативная ситуация в отрасли усугублялась передачей части орошаемых земель в собственность слабым в финансовом отношении крестьянским хозяйствам (фермерам). Прекращение поливов на таких площадях сопровождалось разрушением поливного потенциала, переводом ценных земель в богарные площади. Значительные площади орошаемых земель не поливались из-за отсутствия оборудования, запасных частей, разрывов трубопроводов, ухудшения ремонтной базы в связи с нарушением устойчивых хозяйственных связей.

Таким образом, если в 80-е годы поливалось 82–83 % орошаемых земель (большая часть из вновь оборудованных оросительной сетью земель опять использовалась после окончания вегетационного сезона), то во второй половине 90-х годов эта цифра снизилась до 60–65 %.

Практически в стране была разрушена ранее созданная централизованно управляемая система мелиорации земель.

Региональный анализ показывает, что наиболее сильно потребление воды из систем сельскохозяйственного водоснабжения после 1990 г. снизилось в Северо-Западном и Дальневосточном экономических районах (на 70 и 76 % соответственно). В большинстве экономических районов это снижение составило 40–50 %. В целом по России удельное потребление воды на производственные и хозяйственно-питьевые нужды в расчете на одного сельского жителя за период с 1990 по 1998 г. снизилось с 290 до 151 л/сут. Это произошло за счет резкого сокращения производственной составляющей, в первую очередь в результате обвального снижения поголовья скота в общественном секторе».

Суммарные затраты воды на орошение зависят от площади орошаемых земель, удельного водопотребления, вида сельскохозяйственных культур и количества возвратных вод. Удельное водопотребление выражается в кубических метрах воды, расходуемой на орошение 1 га земли. Например, на орошения сахарной свеклы тратят от 2500 до 6000 $м^3$/га, зерновых – от 1500 до 3500 $м^3$/га, а риса – от 8000 до 15 000 $м^3$/га.

Удельное водопотребление и количество возвратных вод зависят от физико-географических (в основном климатических) условий района орошения, состава выращиваемых сельскохозяйственных культур, технического состояния оросительных систем и применяемого способа полива.

Безвозвратные потери воды при орошении (за счет испарения) достигают очень больших значений. По данным различных авторов они колеблются от 20 до 60 % от водозабора.

Вместе со снижением водопотребления в последние 15 лет снизился и объем сточных вод, хотя удельный вес их в общем водоотведении возрос. Однако соответственного улучшения качества водоисточников не наблюдалось [13].

Отрицательные экологические последствия, связанные с сельскохозяйственной деятельностью, обусловлены прежде всего загрязнением поверхностных и подземных вод, истощением водных ресурсов отдельных водных объектов и даже регионов, эрозией почв, заилением рек и водоемов.

Характеризуя пути загрязнения вод в результате сельскохозяйственного производства, можно выделить два направления: первое – поступление загрязняющих веществ с бытовыми стоками сельских населенных пунктов и хозяйственными водами, отводимыми с сельскохозяйственных производств и животноводческих комплексов; второе – смыв химикатов и взвешенных частиц почвы с полей, поступление веществ с дренажным стоком мелиоративных систем.

Зачастую сельскохозяйственная деятельность вызывает столь существенное ухудшение качества воды, что отводимые в водоприемники воды можно характеризовать как сточные. В то же время каких-либо особых методов очистки для сельскохозяйственных стоков нет. Принятые методы очистки используются в основном на относительно крупных производственных объектах, предусматривающих создание специальных очистных систем, что крайне дорого.

Для животноводческих комплексов характерно большое количество органических отходов. Например, отходы крупного свиноводческого комплекса могут составлять до 3000 т жидкого навоза в сутки, или 1 млн т в год.

Нарушения в технологии очистки и утилизации, а тем более их отсутствие, могут привести к значительному увеличению поступающего в водные объекты количества загрязняющих веществ. При этом происходят процессы, характерные для загрязнения органическими веществами и биогенными элементами, существенно ухудшающие качество воды. Особенно сложные ситуации складываются при авариях. Например, осенью 1994 г. прорыв пруданакопителя привел к аварийному сбросу десятков тысяч тонн животноводческих отходов в р. Неру. В результате концентрация загрязняющих веществ, в частности аммонийного азота, в речных водах в 1000 раз превысила ПДК, а в водопроводной сети г. Владимира – в десятки раз. Водоснабжение города было нарушено, сложилась критическая ситуация как в обеспечении жизнедеятельности населения, так и в функционировании водной экосистемы р. Неры.

С животноводческой деятельностью также связано загрязнение талого и дождевого стока, формирующегося на площадях вы-

гула и загона скота. С этих площадей в водные объекты поступает большое количество взвешенных минеральных частиц, смываемых с вытоптанных, не покрытых травяной растительностью участков.

Основным средством предотвращения загрязнения водных объектов водами, стекающими с площадей выгула и загона, является создание систем перехвата поверхностного стока и пропуск его через пруды-отстойники.

Еще одной причиной загрязнения поверхностных вод является сток, сформировавшийся на полях, обработанных ядохимикатами (пестицидами) и удобрениями, в первую очередь минеральными.

Загрязнение водных объектов происходит также при поступлении в них коллекторно-дренажных вод оросительных и осушительных систем. В большей степени на поверхностные воды оказывает влияние ирригационная деятельность.

Орошаемое земледелие – наиболее влагоемкий вид хозяйственной деятельности. На его долю может приходиться более 50 % всего забора воды и 70 % безвозвратного водопотребления. Следствием непродуманного и неограниченного забора воды на орошение, плохой организации ирригационных систем является истощение водных ресурсов источника, изменение водного режима водоприемников (рек и водоемов) и земель в районах орошения и сброса дренажных вод, заболачивание понижений местности, засоление и эрозия почв. Все это происходит в сочетании с существенным увеличением минерализации вод, ухудшением их качества.

В результате создаются сложности в питьевом и хозяйственном водообеспечении (в том числе и для орошения), а также нарушаются условия функционирования водной и околоводной экосистем.

Доля дренажных вод в зависимости от условий изменяется от 2 до 70 %, составляя в среднем 30–35 %. Это приводит к увеличению доли подземного питания рек при общем уменьшении их водности (особенно летом).

Минерализация коллекторно-дренажных вод обычно составляет 1–4 мг/дм^3, но может составлять и 20–30 мг/дм^3. Летом при интенсивных поливах минерализация уменьшается, зимой – увеличивается.

Засоление почв связано с повышением уровня минерализованных грунтовых вод, вызываемым чрезмерными поливами, плохим действием дренажной сети, а также береговой фильтрацией из каналов, водохранилищ, прудов.

Уменьшению отрицательных последствий орошения способствует правильная оценка, строгое соблюдение или даже уменьшение норм орошения, выбор подходящего способа полива – сплошным слоем, напуском по полосам или бороздам, дождеванием или подпочвенным. Первый способ наименее экономичный, последний же наиболее экономичный и экологически безопасный. Необходимо также создание эффективной системы отвода грунтовых вод, периодическая промывка почвы и применение агрокультурных приемов, уменьшающих испарение с почвы (придание почве комковатой структуры, посадка лесозащитных полос и др.).

При необходимости коллекторно-дренажные воды должны собираться в прудах-накопителях и регуляторах, которые обеспечивают соответствующий водоохранным целям режим сброса отводимых вод в водоприемники. Создание в системе сбросных каналов биоплато (мелководных расширений, заросших высшей водной растительностью с небольшой скоростью течения) позволяет усилить процесс самоочищения вод.

Осушительная мелиорация проводится с целью понижения уровня грунтовых вод и поддержания его на оптимальной глубине. При этом одновременно может предусматриваться ускоренный отвод поверхностного стока, перехват поступающего извне склонового стока и, при необходимости, регулирование половодий и паводков в реках-водоприемниках.

Создание водоотводящей сети вызывает некоторое изменение режима стока с осушенной территории и соответственно протекающих там рек. Обычно увеличивается неравномерность стока внутри года, что связано с увеличением скорости стекания и уменьшения времени водоотдачи из верхнего почво-грунтового слоя после создания дренажной сети. В первые годы в связи с уменьшением среднего многолетнего уровня влагозапасов на водосборе происходит некоторое увеличение стока рек. Наиболее чутко реагируют на осушительную мелиорацию малые реки. Однако изменения их режима, как правило, не столь существенны,

чтобы вызвать серьезные экологические последствия. Для минимизации изменений водного режима не следует осушать водораздельные территории водосборов, поскольку на них могут произойти весьма существенные изменения ландшафта.

Серьезные водоохранные и экологические проблемы связаны с процессом водной эрозии земель, используемых в сельскохозяйственной деятельности. Эрозия приводит не только к иссушению и потере самых ценных земель, но и к уменьшению водности и обмелению рек, в первую очередь малых. Эрозия вызывает заиление русел и уменьшение подземного базисного стока, что ведет к уменьшению дренирующей способности рек и существенному уменьшению водности в меженные периоды. При этом на окружающей территории может произойти подъем грунтовых вод и развитие процессов заболачивания. В то же время в результате активизации процессов выноса веществ с поверхности водосбора повышается минерализация речных вод и загрязнение взвешенными веществами. Развитию водной эрозии способствует неумеренный выпас скота, вырубка лесов, распашка вдоль склонов, низкий уровень использования органических удобрений.

Противостояние отрицательному воздействию сельского хозяйства на водные ресурсы должно носить комплексный характер. Основными элементами комплекса мер являются агролесомелиоративные мероприятия на склонах бассейнов и в речных долинах, использование соответствующих агрокультурных приемов, установление водоохранных зон вдоль водных объектов.

Важным средством борьбы с эрозией являются гидротехнические мероприятия: террасирование крутых склонов, устройство сети ловчих канав и валов для перехвата поверхностного стока, укрепление отвершков оврагов и создание в оврагах каскадов низконапорных запруд, создание прудов-отстойников, биологических прудов и небольших водохранилищ в устьях каналов и рек.

Сложность в осуществлении водоохранных мероприятий состоит в том, что весь их комплекс должен проводиться таким образом, чтобы обеспечивались как охранные цели, так и оптимальные для сельскохозяйственного производства условия.

Городские территории, для которых характерна высокая концентрация промышленности, населения, бытовых предприятий,

отличаются особым обострением водоохранных и экологических проблем.

На урбанизированной (городской) территории концентрируются и тесно переплетаются проблемы водоснабжения (питьевого, хозяйственного, промышленного), отвода большого количества использованных сточных вод, физического, химического и теплового загрязнения окружающих водных объектов. Во многих случаях возникают сложности в связи с наводнениями и подтоплением территорий, русловыми процессами, заилением малых водотоков и переформированием берегов водоемов.

Процесс загрязнения водных объектов, расположенных в городе или рядом с ним, имеет некоторую особенность. Для урбанизированной территории, кроме сосредоточенного отвода сточных вод через специальные канализационные системы с возможной их очисткой, характерен поверхностный рассредоточенный сток загрязненных вод. Талые и дождевые воды выносят в гидрографическую сеть смытый с городской территории мусор и различные вещества: нефтепродукты, выпавшие атмосферные аэрозоли, продукты разрушения дорожных покрытий и строительных материалов, частицы грунта и т.п.

Смыв органических и минеральных веществ с единицы площади городской территории может в 2–4 раза превышать смыв с сельскохозяйственных угодий.

Средняя концентрация загрязняющих веществ в городских поверхностных водах уменьшается с увеличением слоя стока, когда увеличивается степень разбавления. Отмечается, что талые воды в целом более загрязнены, чем дождевые. Особенно это заметно при малоснежной зиме и бурном снеготаянии. Загрязненность дождевого стока возрастает с увеличением сухого периода, предшествующего дождю, и с повышением его интенсивности.

Степень загрязненности поверхностного городского стока, конечно, не является величиной постоянной. Концентрация загрязняющих веществ определяется такими особенностями территории, как плотность населения, объем и виды промышленности, транспортная насыщенность, степень благоустроенности и т.п., а также гидрометеорологическими факторами: интенсивностью и объемом талых вод, режимом выпадения осадков, коэффициентами поверхностного стока.

Взвешенные вещества, поступающие в реки и водоемы с городских территорий, представляют собой достаточно большую санитарно-экологическую опасность. Они ведут к заилению рек. Органические же вещества, составляющие в среднем 20–30 % общего количества взвешенных веществ, существенно снижают содержание кислорода в воде и в процессе анаэробного распада сильно ухудшают качество воды.

Тесная зависимость жизни и деятельности человека от воды вызывает необходимость располагать населенные пункты и хозяйственные объекты вблизи рек и водоемов. При этом в периоды повышенного стока появляется вероятность подтопления или затопления освоенных территорий, а при чрезвычайно высоком подъеме уровня – опасность катастрофических наводнений с огромным материальным ущербом и даже человеческими жертвами. В горных районах к водным явлениям с катастрофическими последствиями относятся также селевые потоки и крупномасштабные оползни.

Использование рек и озер для судоходства (включая маломерные суда и лесосплав) в целом противоречит интересам хозяйственно-питьевого водоснабжения, рыбного хозяйства, рекреации и экологии, так как способствует загрязнению водоемов и рек.

К тому же при работе двигателей и винтов взмучивается грунт, распугивается рыба, оглушаются мальки, повреждаются макрофиты. Усиленная волновая деятельность ведет к размыву берегов, уменьшению площадей нереста и нагула.

Кроме того, происходит загрязнение вод хозяйственно-бытовыми стоками судов и особенно нефтью и нефтепродуктами. Последние попадают в воду при перевозках, при авариях, а также с балластными, моечными и подсланевыми водами, хотя их сброс в реки запрещен.

Немалое загрязнение и механическое воздействие происходит от лодочных моторов, особенно на небольших водоемах. В среднем за один час работы лодочного мотора в воду попадают десятки граммов нефтепродуктов. Поэтому для снижения отрицательных последствий на каждую моторную лодку должно приходиться не менее 0,5–0,7 га водной поверхности.

На судоходных реках нередко возникает необходимость в проведении дноуглубительных работ и выравнивании русел рек.

В результате в воду поступает большое количество минеральных частиц. Загрязнение усиливается, если подобные работы проводятся в районе сброса сточных вод, портов, пристаней, где грунт имеет повышенную загрязненность.

Для снижения отрицательных последствий при выемке донного грунта не следует перекрывать прорвы и входы в старицы – лучшие места нереста. Рекомендуется складировать вынутый грунт сплошными отвалами на относительно высоких отметках, чтобы избежать размыва.

Отрицательное экологическое *влияние лесосплава* в первую очередь связано с ухудшением качества воды. Дерево выделяет в воду токсичные вещества (фенолы, азот, аммонийный азот, фосфор, нитраты и др.) и в процессе гниения поглощает растворенный в воде кислород. Уменьшение содержания кислорода связано не только с затонувшим лесом и корой, но и с транспортируемым.

Особенно сильное ухудшение качества воды происходит в районах запаней, лесных рейдов, лесопильных заводов. При слабой проточности содержание кислорода в воде таких мест может уменьшиться до 0–2 мг/дм^3 при нормальном количестве 6–8 мг/дм^3.

Еще одним отрицательным последствием лесосплава является обдирание берегов рек бревнами, в результате чего ухудшаются условия нереста и нагула рыб, увеличивается количество взвешенных частиц в воде.

Для минимизации отрицательных экологических последствий лесосплав должен осуществляться в соответствии со специально разработанными экологическими критериями. К таким критериям отнесены несколько характеристик.

Первая – экологически допустимая продолжительность лесосплава, которая определяется периодом времени, когда возможности лесосплава не ограничены гидрологическими условиями (ледоставом, уровнями воды) и требованиями охраны природы и рыбного хозяйства на конкретном водном объекте.

Вторая – экологически предельно допустимый объем древесины на поверхности водоема при лесосплаве, который определяет отсутствие отрицательного экологического воздействия химических веществ, вымываемых из древесины, и отпавшей коры как компонента твердого стока. Выделяют экологически допустимый

объем плотового сплава (молевой запрещен), суммарного за навигацию. Эта характеристика зависит от водности реки за период экологически допустимой продолжительности лесосплава. Одновременно рассматривается экологически допустимый объем суточного сброса древесины в воду, который зависит от текущей гидрологической обстановки в период лесосплавной навигации (размеров водного потока и скорости движения лесоматериалов).

Третья – предельно допустимая скорость течения в проходе поперечных запаней и размеры этого прохода. Последняя характеристика выбирается в соответствии с обеспечением пропуска проходных и полупроходных рыб. Скорость в проходе не должна превышать сносящей скорости течения (0,9–1,6 м/с в зависимости от вида рыб).

Четвертая – экологически допустимый объем обсохшей и затонувшей древесины. Такая древесина должна быть освоена в период лесосплавной навигации. Если древесина остается в русле реки или на берегах за пределами экологически допустимой продолжительности лесосплавных работ, указанных в разрешении на водопользование, то производится финансовая компенсация за ущерб.

Для снижения вреда, наносимого лесосплавом, целесообразно осуществлять сплав окоренной и подсушенной древесины и только плотами, а не молем. Это позволяет не только уменьшить потери леса с 6–12 до 1 и даже 0,1 %, но ослабить отрицательное воздействие лесосплава на речные экосистемы.

3.4. Антропогенное давление на водные ресурсы

Любые современные технологии направлены на все более эффективное использование природных ресурсов (потребление и разрушение биомассы для удовлетворения потребностей человека) и тем самым на перестройку окружающей среды. В результате применения разнообразных технологий происходит деформация окружающей среды, возникают локальные, региональные и глобальные ее нарушения. Любая технология в том или ином виде использует энергию для прямого или косвенного воздействия на окружающую среду. В этой связи величину энергии, приходящуюся на единицу площади территории, можно рассматривать в качестве интегрального показателя антропогенного воздействия (давления).

Для оценки антропогенного давления на территорию водосбора вводится коэффициент антропогенного давления (К), представляющий собой отношение энергопотребления на единицу территории в данной стране к среднемировому. При подсчете потребления энергии учитываются все виды топлива (электроэнергия, вырабатываемая на гидро-, атомных, геотермальных и других электростанциях) за исключением заготавливаемого самостоятельно.

Коэффициент антропогенного давления (К) рассчитывается следующим образом:

$$К = \frac{\text{Энергопотребление на единицу территории в данной стране}}{\text{Среднемировое энергопотребление}} \quad (3.2)$$

В табл. 3.4 приведены коэффициенты антропогенного давления на территорию и доля сохранившихся естественных территорий для некоторых стран. Они относятся к 1986 г. В последующие годы у ряда стран произошел рост этого показателя – у Китая до 1,5, существенно возрос он и у Индии.

Таблица 3.4

Коэффициенты антропогенного давления (К) и доли сохранившихся естественных территорий

Страна	Коэффициент, К	Доля естественных территорий, %
Нидерланды	42	0
Германия (ФРГ)	19	0
Япония	16	0
Корея	4	0
США	3,4	4
Мексика	1,2	2
Китай	1,1	20
Индия	1	1
Россия	0,7	45
Мир	1	39

Анализ данных табл. 3.4 показывает, что основной вклад в развитие экологического кризиса внесли и продолжают вносить развитые страны. Однако в настоящее время не меньшую роль в стимулировании экологического кризиса играют и некоторые государства третьего мира, известные как «маленькие драконы». Заметный вклад обусловлен крупными развивающимися странами с многочисленным населением.

«Экологически неблагополучные» страны прежде всего разрушили собственную природу, что иллюстрирует практическое отсутствие у них территорий, занятых естественными сообществами. Сравнительно высокий процент подобных территорий в Китае сохранился за счет малопродуктивных пустынь и Тибета.

Оставшиеся нетронутыми части биосферы в ряде стран взяли на себя нагрузку по стабилизации окружающей среды вместе с Мировым океаном. В Северном полушарии таких стран осталось немного. Это прежде всего Россия и Канада (для Канады К = 0,4), где сохранились самые крупные массивы высокопродуктивных естественных лесных сообществ, а также Алжир (К = 0,16), где ненарушенными остались в основном малопродуктивные пустыни. Остальные страны Северного полушария имеют на порядок меньшие площади ненарушенных хозяйственной деятельностью земель. В первом приближении для оценки коэффициентов антропогенного давления на территорию различных стран, а также на водосборные бассейны морей, озер, рек и водохранилищ может быть рекомендовано следующее уравнение (Фрумин, 1999):

$$\lg К = 0{,}90 \lg ПН - 0{,}97, \qquad (3.3)$$

где ПН – плотность населения, чел./км^2.

Табл. 3.5 иллюстрирует распределение коэффициентов антропогенного давления на территорию Федеральных округов Российской Федерации (по данным о численности населения в 1999 г.).

Таблица 3.5

Коэффициенты антропогенного давления (К) на территорию Федеральных округов РФ

Округ	Территория, тыс. км^2	Население, тыс. чел.	Плотность населения, чел./км^2	К
Центральный	650,7	37 360	57,4	4,1
Северо-Западный	1 677,9	14 641	8,7	0,8
Северо-Кавказский	589,2	21 745	36,9	2,8
Приволжский	1 038,0	32 132	31,0	2,4
Уральский	1 789,9	12 654	7,1	0,6
Сибирский	5 114,8	20 909	4,1	0,4
Дальневосточный	6 215,9	7 252	1,2	0,1
Российская Федерация	17 075,4	146 693	8,6	0,7

Коэффициент антропогенного давления (К) может служить простым и удобным интегральным показателем, связанным с количеством сброшенных загрязненных сточных вод в ряде крупных городов России (табл. 3.6 и рис. 3.1).

Таблица 3.6

Зависимость количества сброшенных сточных загрязненных вод (СЗВ) в водные объекты (млн т/год) крупных городов России от плотности населения (ПН) (коэффициента антропогенного давления)

Город	ПН, чел./км^2	К	lgK	СЗВ, млн т/год	lg СЗВ
Москва	7 918	346,7	2,54	2394	3,38
Санкт-Петербург	7 056	309,0	2,49	1591	3,20
Самара	2 689	131,8	2,12	439	2,64
Нижний Новгород	4 076	190,5	2,28	438	2,64
Новосибирск	2 892	141,2	2,15	298	2,47
Омск	2 346	114,8	2,06	287	2,46
Казань	3 813	177,8	2,25	257	2,41
Ярославль	3 198	151,4	2,18	256	2,41
Челябинск	2 188	109,6	2,04	255	2,41
Саратов	2 684	131,8	2,12	250	2,40
Уфа	1 462	75,9	1,88	220	2,34
Волгоград	3 000	144,5	2,16	219	2,34
Новокузнецк	1 939	97,7	1,99	198	2,30
Ростов-на-Дону	2 890	138,0	2,14	196	2,29
Тольятти	2 055	102,3	2,01	147	2,17
Пермь	1 382	72,4	1,86	99	2,00
Оренбург	1 667	85,1	1,93	91	1,96
Ульяновск	2 504	123,0	2,09	139	2,14
Астрахань	1 036	55,0	1,74	89	1,95
Воронеж	1 508	77,6	1,89	118	2,07
Кемерово	2 840	138,0	2,14	184	2,26
Липецк	2 574	125,9	2,10	137	2,14
Пенза	1 840	93,3	1,97	ПО	2 04
Хабаровск	1 588	81,3	1,91	103	2,01

По данным табл. 3.6 было получено следующее корреляционное уравнение:

$$\lg \text{СЗВ} = 1{,}67 \lg K - 1{,}13. \qquad (3.4)$$

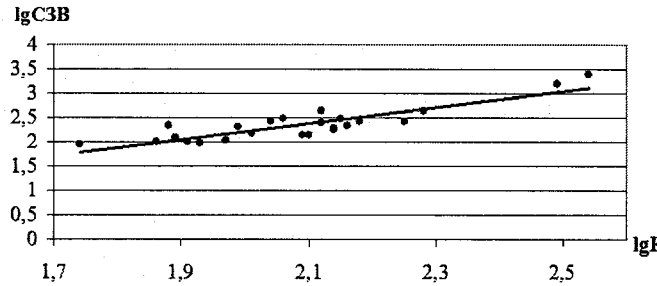

Рис. 3.1. Зависимость количества сброшенных загрязненных сточных вод в водные объекты крупных городов России (СЗВ) от коэффициента антропогенного давления (К)

Как следует из приведенных данных, коэффициент антропогенного давления на территорию Санкт-Петербурга весьма значителен (К = 309,0), что и обусловливает высокий уровень поступления в водные объекты города биогенных и загрязняющих веществ, приводящий к их евтрофированию и загрязнению вредными веществами.

При оценке динамики антропогенного давления на территорию Санкт-Петербурга следует принимать во внимание как увеличение численности населения (рис. 3.2), сопровождающееся ростом промышленного производства, так и увеличение площади города. При учете этих факторов плотность населения, а следовательно, и коэффициент антропогенного давления варьируют в широких пределах (табл. 3.7).

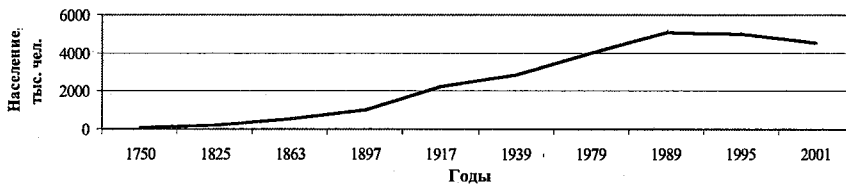

Рис. 3.2. Динамика численности населения Санкт-Петербурга

Таблица 3.7

Динамика коэффициента антропогенного давления на территорию Санкт-Петербурга

Год	1930	1939	1959	1970	1976	1991	1999
ПН, чел./км^2	6 100	9 300	7 400	6 200	6 400	5 800	7 637
К	273,4	399,6	325,1	271,0	285,8	261,2	335,0

В первом приближении формула (3.3) может быть использована для оценки коэффициентов антропогенного давления на территории различных административных районов города (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Коэффициенты антропогенного давления на территории административных районов Санкт-Петербурга

Район	Население	Площадь, км^2	Плотность населения, чел./км^2	К
Центральный	273 400	17,9	15 273	625
Адмиралтейский	191 200	13,8	13 855	571
Калининский	462 700	39,6	11 684	491
Василеостровский	193 400	17,1	11 310	476
Невский	453 900	63,9	7 103	313
Кировский	344 900	47,1	7 323	322
Красногвардейский	315 400	57,0	5 533	251
Петроградский	135 700	19,9	6 819	302
Московский	295 100	72,6	4 065	190
Красносельский	303 800	89,4	3 398	161
Приморский	369 100	110	3 355	158
Выборгский	419 600	115,7	3 627	170
Фрунзенский	392 300	36,7	10 689	453
Курортный	69 300	280,4	247	17
Колпинский	176 700	102,8	1 719	87
Ломоносовский	40 600	40,7	998	54
Кронштадский	44 100	1765	2 520	123
Петродворцовый	81 100	68,2	1 189	63
Пушкинский + Павловский	100 400	234,1	429	25

В принципе, любой водный объект и его водосбор – это единая природная система. При оценке территории водосборного бассейна следует учитывать гидролого-климатические показатели

(речная сеть, режим осадков и снеготаяния), административно-территориальные показатели (наличие крупных городов, соотношение сельского и городского населения, его плотность) и производственно-хозяйственные показатели (уровень развития, а также характер промышленного и сельскохозяйственного производства, наличие промышленных предприятий и способы использования земельных ресурсов).

Антропогенное давление на водные объекты особенно сильно проявляется в последнее десятилетие в бассейнах малых рек в промышленно развитых и сельскохозяйственных регионах. Влияние антропогенных факторов на формирование химического состава речного стока малых рек становится сопоставимым с природными геохимическими и биологическими процессами, а в районах интенсивного хозяйственного освоения даже определяющим [16].

Воды самых больших рек России – Волги, Дона, Кубани, Оби, Енисея и Амура – имеют участки, на которых вода оценивается от «слабо загрязненной» до «экстремально грязной». Наиболее высокий уровень загрязнения отличается по соединениям меди, цинка, нефтепродуктами (до 30-100 ПДК), по разновидностям азота и соединениям железа (до 10–30 ПДК), по некоторым специфическим загрязняющим веществам (ртуть, свинец, сероводород и др.).

Вода многих средних и больших рек России загрязнена постоянно на уровне 1–3 или 2–5 ПДК нефтепродуктами, фенолами, органикой, соединениями меди и цинка.

Более трети из общего объема сброса сточных вод в реки России происходит в бассейне р. Волги. Причем наибольшее количество загрязненных поверхностных вод попадает в р. Оку (в 2,5 раза больше, чем в р. Волгу до г. Нижнего Новгорода).

Качество воды р. Москвы оценивается местами как «грязная», «очень грязная» и даже «экстремально грязная», особенно после г. Москвы. Концентрация меди, железа, фенолов, нитритного азота превышает ПДК в 20–40 и даже в 50 раз [16].

Сточные воды промышленности включают наибольшее количество вредных веществ, в том числе и ядовитых. Сельскохозяйственные стоки содержат минеральные удобрения, токсичные пестициды и биогенные элементы животноводческих стоков. К этому могут добавиться кислотные дожди, выпадающие на водосбор ре-

ки и меняющие геохимический цикл в системе «водосбор – водоток (водоем)». Это ведет к уменьшению насыщения почв и вод катионами, снижению pH воды, вымыванию металлов из почвы в воду, снижению потенциала использования водных объектов для жизнеобеспечения людей и поддержания устойчивости водных экосистем.

3.5. Охрана малых рек

Подавляющее число рек относится к категории малых. Их длина не превышает 100 км, площадь водосбора находится в пределах 2000 км^2. Малые реки формируют сток средних и больших рек и играют важную роль в формировании качества их воды. Небольшая по расходу воды, но сильно загрязненная малая река влияет на качество воды принимающей ее реки в среднем в 10 раз сильнее, чем на ее количество.

Малые реки значительно быстрее, чем средние и тем более большие реки, меняют качество и количество своих вод под влиянием техногенных нагрузок. Они очень чувствительны к искусственным изменениям условий формирования стока в их бассейне. Даже одна животноводческая ферма или небольшой сахарный заводик могут превратить малую реку в сточную канаву. Поэтому они загрязняются значительно быстрее, чем средние.

На сток малых рек оказывает влияние поверхностный и подземный стоки с сельскохозяйственных полей, сбросы промышленных и коммунальных хозяйств, сток с урбанизированных территорий, воздействие рекреационных нагрузок, забор воды на орошение. Это ведет к быстрому истощению речного стока, вплоть до его прекращения.

Для поддержания высокой водности малых рек на них строятся водорегулирующие плотины, образующие пруды или небольшие водохранилища, позволяющие поддерживать относительно высокие уровни воды в меженный период и снижать разрушительное действие наводнений. На малых реках мельничные плотины строились еще в XX в., а в 1950-х годах было развито строительство малых сельских электростанций. Последнее считается целесообразным и в XXI в., но на новом техническом уровне.

Малые реки являются нерестилищами для многих ценных пород рыб, охрана которых предписывается законом. Поэтому еще в 1980 г. было принято Постановление Совета Министров СССР «Об усилении охраны малых рек от загрязнения, засорения и истощения и о рациональном использовании их водных ресурсов», в котором предлагалось разрабатывать и осуществлять мероприятия по восстановлению водности малых рек и чистоты их вод, производить строительство необходимых гидротехнических и очистных сооружений для ликвидации причин и предупреждения загрязнений, засорений и истощения водных ресурсов малых рек. Все организации, которые в своей деятельности могут отрицательно повлиять на водные ресурсы, должны осуществлять водоохранные мероприятия по поддержанию благоприятного водного режима и надлежащего санитарного состояния малых рек.

Особенно большое значение для жизни малых рек имеют водоохранные зоны, в которых наиболее строго регламентируется хозяйственная деятельность. Естественно, что наилучшим вариантом является полное отсутствие этой деятельности в водоохранной зоне. Однако полностью избежать проявления хозяйственной деятельности не всегда возможно, поэтому она должна быть сведена до минимума, не оказывающего заметного влияния на качество и количество воды в реке. Это же относится и к устройству рекреационных объектов, для которых должны выделяться специальные зоны длительного стационарного или кратковременного отдыха, что позволяет регулировать нагрузку на побережья рек.

Для естественного существования малых рек очень большое значение имеет лес. Учитывая небольшие площади водосборов малых рек, необходимо помнить, что вырубка даже относительно небольших участков леса может существенно повлиять на их водный режим. Значительное уменьшение лесистости водосбора ведет к снижению подземного питания рек, их обмелению в меженный период и даже к пересыханию.

В наиболее хозяйственно освоенных районах страны, там, где малые реки подвергаются наибольшим техногенным нагрузкам, введены водохозяйственные паспорта. В них учитываются все притоки малой реки до 10 км. В результате обследования водотока для речного бассейна в целом получают сведения о его водности,

естественной и искусственной зарегулированности озерами и прудами, о числе капитальных плотин и их типе, о местах сброса отработанных вод и их количестве, о количестве воды, о мероприятиях по охране водотоков. Сведения в таблицах паспорта приводятся от истока к устью сначала по главной реке, а затем в таком же порядке по ее притокам.

На основании данных водохозяйственного паспорта можно рассчитать водохозяйственный баланс по длине реки для всех водохозяйственных участков, а также пунктов водозаборов и водосбросов. Подробные сведения о водных ресурсах и водном балансе в бассейнах малых рек позволяют составлять планы водообеспечения с учетом качества воды, определять возможности и объемы водопотребления и водоотведения в бассейнах рек с учетом их существующего состояния, разрабатывать мероприятия по охране водных объектов, находящихся на водосборе главной реки, начиная с нее самой.

За порядком использования водоохранных зон и регулирования в них хозяйственной деятельности, а также в целом использования водных объектов должны следить местные власти с привлечением общественных организаций и ведомств, использующих реку или связанных с охраной природы. Любое предприятие или организация, допустившие загрязнение, засорение, заиление или истощение реки, обязаны принять меры по восстановлению естественного состояния реки.

4. ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

«Загрязняющее вещество – вещество или смесь веществ, количество и концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду».

Закон РФ «Об охране окружающей среды», ст. 1

Химический состав природных вод очень разнообразен и зависит от многих факторов. Химические элементы могут находиться в воде в состоянии растворенных свободных молекул, в газообразных соединениях, в виде ионов минеральных соединений, в молекулярном или коллоидном состоянии. Концентрация химических элементов определяет качество воды, ее пригодность для питьевого или промышленного водоснабжения, для рыборазведения, для сельскохозяйственного водопотребления.

Наличие того или иного химического элемента в воде реки или озера может иметь положительное или отрицательное значение для ее качества. Более того, один и тот же элемент в зависимости от его количества в воде также может играть разную роль. Поэтому главное значение с точки зрения охраны водного объекта, имеет вид химического элемента или его ингредиентов и характер его влияния на качество воды водного объекта в месте поступления.

В табл. 4.1 приведены химические элементы, которые могут оказаться в водной среде, и указан характер их влияния на качество воды. Первые пятнадцать элементов способны нанести наибольший вред человеку, поэтому необходимо проявлять особое внимание к водным объектам, которые могут подвергнуться загрязнению этими элементами. Они могут находиться в воде в различном состоянии, но в большинстве случаев в растворенном виде и редко в нерастворимых или газообразных формах.

Таблица 4.1

Химические элементы, которые могут находиться в воде рек и озер

Химический элемент и его соединения	Состояние в воде	Значение для водного объекта и человека. Источник поступления
1	2	3
Амины	Раствор	Многие амины **токсичны**, влияют на органолептические свойства воды, могут усиливать заморные явления в водных объектах. Поступает из атмосферных осадков, со сточными водами анилино-красочных предприятий
Ванадий	Раствор	Повышенная концентрация **вредна** для здоровья человека. Основным источником загрязнения является нефть и продукты ее переработки
Кадмий	Раствор	При повышенных концентрациях **токсичен.** Поступает при выщелачивании почво-грунтов, при разложении водных организмов, со сточными водами свинцово-цинковых заводов, рудообогатительных фабрик, химических предприятий, при сбросе шахтных вод
Кобальт	Раствор. Взвесь	В повышенных концентрациях соединения кобальта **токсичны**. Основное поступление при выщелачивании горных пород, а также при сбросе сточных вод металлургических, металлообрабатывающих и химических заводов
Мышьяк	Раствор	В повышенных концентрациях является **токсичным** для человека и животных. Поступает с подземными водами, при разложении растительных и животных организмов, со сточными водами обогатительных фабрик, кожевенных заводов, лакокрасочных, химических и металлургических заводов, предприятий производящих пестициды, с сельскохозяйственных полей, на которых применяются пестициды

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
Нефтепродукты	Раствор. Взвесь. Пленка донных отложений	**Плохо влияет** на организм человека и животных, водную растительность, физическое, химическое и биологическое состояние водного объекта. Оказывает токсическое и частично наркотическое воздействие на организм, поражая сердечно-сосудистую и нервную систему. Наибольшую опасность представляет бензпирен, обладающий канцерогенными свойствами. Присутствие канцерогенных углеводородов в воде **недопустимо**. Нефтепродукты попадают в воду при транспортировке их водным путем, при повреждении нефтетрубопроводов, со сточными водами промышленных предприятий, особенно нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, с хозяйственно-бытовыми сточными водами и многими другими путями. Наиболее загрязнены обычно прибрежные зоны водных объектов
Никель	Раствор. Взвесь	Соединения никеля **влияют** на кроветворные процессы человека. Его повышенное содержание оказывает воздействие на сердечно-сосудистую систему. Попадает из подземных вод, а также со сточными водами цехов ннкелирования, заводов сиитетического каучука, никелевых обогатительных фабрик
Нитраты	Раствор	Повышенное содержание указывает на **ухудшение** санитариого состояния водиого объекта. Источником поступления являются атмосферные осадки, внутриводоемные процессы, сток с промышленных объектов, хозяйственно-бытовые воды, сток с сельскохозяйственных полей, сбросные воды с орошаемых полей. Концентрация нитратов наименьшая в вегетационный период, увеличивается осенью и наибольшая зимой. Позволяет судить о загрязненности водного объекта органическими азотсодержащими веществами. Влияет на процессы самоочищения вод
Ртуть	Раствор. Взвесь	Соединения ртути высоко **токсичны**, особенно метилртутные соединения, которые могут накапливаться в рыбе и попасть в человека. Поступает в нодземные воды в районе месторождсний ртути, накапливается в водиых организмах, со стоком от предприятий, производящих красители, пестициды, фармацевтические иренараты, некоторые взрывчатые вещества
Свинец	Раствор. Взвесь	При определенных условиях может быть промышленным **ядом**, проникает с водой в органы пищеварения и накапливается в печени, почках и костях. Поступает с подземными водами ... воздушным путем (сжигание углей, моторного топлива), со сточными водами рудообогатительных фабрик, химических производств, некоторых металлургических заводов, шахт

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
Сероводород	Раствор	Вода имеет неприятный запах и большую **токсичность**, непригодна для питья. Показатель сильного загрязнения воды. В природных водах может присутствовать лишь в незначительной концентрации в придонных слоях воды при малом количестве кислорода и отсутствии перемешивания водных масс
Сульфиды	Раствор	Наличие в воде является показателем сильного загрязнения водного объекта органическими веществами. **Недопустимо** для водоемов санитарно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Поступает при разложении органических веществ естественного происхождения и попадающих со сточными водами. На их концентрацию влияют слабое перемешивание воды и дефицит кислорода
Хром	Раствор. Взвесь	В повышенной концентрации обладает **канцерогенными** свойствами. Поступает из горных пород, из почвы, со сточными водами гальванических цехов автомобильных, машиностроительных и авиационных заводов, красильных цехов текстильных предприятий, кожевенных заводов и предприятий химической промышленности
Цианиды	Раствор	Цианистые соединения чрезвычайно **ядовиты** (синильная кислота). Поступают с промышленными сточными водами гальванических цехов, рудообогатительных фабрик, предприятий золотопромышленности, газогенераторных станций, газовых и коксохимических заводов, предприятий цветной и черной металлургии
Цинк	Раствор Иногда в нерастворимых формах	Многие соединения цинка **токсичны**. Влияет на рост и нормальное развитие растительных организмов. Попадает в природные воды при растворении горных пород, а также со сточными водами рудообогатительных фабрик и гальванических цехов, при производстве пергаментной бумаги, минеральных красок, искусственного волокна. Содержание в рудных и особенно шахтных водах может быть значительным
Азот	Раствор	Определяет биологическую продуктивность водного объекта. Может служить одним из главных показателей его потенциального ефтрофирования. Влияет на процессы самоочищения. Поступает из воздуха, с атмосферными осадками, из почвы, содержится во всех природных водах, в сточных водах

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
Алюминий	Раствор. Взвесь	Влияет на прозрачность и цвет воды. Находится в почво-грунтах, атмосферных осадках, сточных водах
Бромиды	Раствор	Находятся в подземных водах, в сточных водах химических предприятий
Висмут	Раствор	Основной источник поступления – сточные воды фармацевтических и парфюмерных производств и стекольная промышленность
Железо	Раствор	Повышенное содержание железа ухудшает качество воды и возможность ее использования для питьевых и промышленных целей, для рыборазведения. В основном находится в почво-грунтах, подземных и болотных водах
Йод	Раствор	Основное поступление из атмосферных осадков, из нефтяных месторождений, от сточных вод химической и фармацевтической промышленности
Калий	Раствор. Взвесь	Поступает в основном из грунтовых вод, а также с сельскохозяйственных полей, с полей орошения, со стоком промышленных и хозяйственно-бытовых вод
Кальций	Раствор	Поступает с подземными водами, со стоком с сельскохозяйственных полей, со сточными водами силикатных, металлургических, стекольных и химических предприятий
Кислород	Газ в связанном состоянии	В значительной мере определяет химико-биологическое состояние водного объекта. Наибольшая концентрация кислорода в воде наблюдается в осенний период, а наименьшая – зимой подо льдом. Дефицит кислорода наиболее часто происходит при загрязнении водоемов и рек органическими веществами и в ефтрофированых водоемах
Магний	Раствор	Основное поступление за счет подземных вод и при сбросе сточных вод металлургических, силикатных, текстильных и других предприятий. Наибольшая концентрация наблюдается в период межени, а наименьшая – в половодье
Марганец	Раствор. Взвесь	Поступает с подземными водами и при разложении остатков водных животных и растительных организмов, а также со сточными водами марганцевых обогатительных фабрик, металлургических заводов, предприятий химической промышленности и с шахтными водами

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
Медь	Раствор. Взвесь	Избыточная концентрация оказывает неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы. Поступает с подземными водами. Однако основным источником поступления являются сточные воды промышленности, шахтные воды, стоки с обогатительных фабрик, гальванических цехов, и фабрик искусственного волокна
Муравьиная кислота	Раствор	В основном поступает со сточными водами предприятий, производящих формальдегид и пластические массы. Попав в воду, относительно быстро разрушается под влиянием биохимических процессов
Мочевина	Раствор	Повышенная концентрация свидетельствует о загрязнении водного объекта, ухудшает кислородный режим. Является продуктом жизнедеятельности водных организмов. Поступает с хозяйственно-бытовыми стоками, с сельскохозяйственных полей
Натрий	Раствор	Попадает из подземных вод, а также с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами и с орошаемых полей
Нитриты	Раствор	Повышенное содержание указывает на усиление процессов разложения органических веществ. В заметных концентрациях обнаруживают при дефиците кислорода в воде. В районе сброса сточных вод предприятий, использующих в технологическом процессе нитритные соли, повышается концентрация. Является важным санитарным показателем. Влияет на процессы самоочищения вод. Наибольшее содержание нитритов наблюдается в конце лета – начале осени, когда начинается интенсивный процесс распада образовавшихся за лето органических веществ
Органические вещества, в основном органический углерод	Раствор. Взвесь	Поступает с атмосферными осадками, при внутрипочвенном стоке, при стоке из болот, торфяников, при выделениях гидробионтов, при поступлении промышленных и хозяйственно-бытовых вод, сбросы с орошаемых земель. Концентрация в загрязненных водах органического углерода не менее 10 мг/дм^3, а сильное загрязнение – более 100 мг/дм^3
Пестициды	Раствор. Взвесь	Поступают с поверхностным и подземным стоком с сельскохозяйственных полей, с орошаемых территорий, со стоком коллекторно-дренажных вод, сбросы промышленных предприятий, производящих ядохимикаты, а также при неправильном хранении и перевозке ядохимикатов, при обработке сельхозполей с помощью авиации. Концентрация зависит от вида их использования, сроков внесения, условий разбавления, скорости смыва с поверхности водосбора

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
Радиоактивные продукты	Раствор. Взвесь	Могут попасть в водные объекты при сбросах АЭС, в случае протечек в трубопроводах, при разгерметизации емкостей-хранилищ. Радиационная опасность АЭС различна на различных стадиях ее существования и увеличивается с возрастом станций. При нормальной работе АЭС радиационную обстановку в основном определяют газоаэрозольные выбросы в атмосферу
Серебро	Раствор. Взвесь	Уже в незначительной концентрации стерилизует питьевую воду. Поступает из подземных вод и сточных вод рудников, обогатительных фабрик, фотопредприятий
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	Раствор. Взвесь	Оказывают значительное влияние на физико-биологическое состояние, ухудшают кислородный режим и органолептические свойства воды, а также состояние гидробионтов. Поступают с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами
Сульфаты	Раствор	Повышенное содержание ухудшает органолептические свойства воды и оказывает физиологическое воздействие на человека, образуют прочную накипь при кипячении. Поступают в основном с подземным стоком, в процессе отмирания водной растительности и животных организмов, а также со сточными водами промышленных предприятий, коммунального хозяйства и сельскохозяйственного производства. Наименьшая концентрация наблюдается в период половодья, а наибольшая – в межень
Сурьма	Раствор. Взвесь	Поступает из подземных вод и со сточными водами резиновых, стекольных, красильных и спичечных предприятий
Углеводы	Раствор. Взвесь	Влияют на развитие фитопланктона. Поступают в период прижизненного и посмертного выделения углеводов водными организмами, при вымывании из почв, торфяников, горных пород, с атмосферными осадками, а также со сточными водами дрожжевых, пивоваренных, сахарных, целлюлозно-бумажных заводов

Окончание табл. 4.1

1	2	3
Углерод	Раствор. Взвесь	Интенсивно участвует в биологическом круговороте, поддерживая жизнь на Земле. Присутствует в природной воде в основном в растворенном состоянии. На долю органического углерода приходится около 50 % массы органических веществ. Поступает при выделениях гидробионтов, с атмосферными осадками, сток из почво-грунтов, из болот и торфяников, со стоком хозяйственно-бытовых и промышленных вод
Фенолы	Раствор. Взвесь	Наличие в природных водах ограничивает их использование для водоснабжения, рыборазведения и водопоя скота. При хлорировании воды появляется неприятный запах и вкус. Спуск сточных вод, содержащих фенольные соединения, ухудшает общее санитарное состояние водного объекта, оказывая негативное влияние на живые организмы. Поступают со стоками нефтеперерабатывающих, лесохимических, коксохимических, анилинокрасочных предприятий
Фосфор	Раствор. Взвесь	Влияет на продуктивность водного объекта. Повышенное содержание приводит к усилению ефтрофирования водных объектов. Поступает в результате процессов жизнедеятельности и смерти водных организмов, растворения горных пород, содержащих ортофосфаты, при использовании фосфорных удобрений, моющих средств и смягчителей воды, при биологической переработке животных и растительности, в процессе биологической очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Подвержены сезонным колебаниям
Фтор	Раствор	Повышенная концентрация в воде вызывает у людей заболевание костей а малая – кариес зубов. Поступает преимущественно с грунтовыми водами. Поэтому в половодье его содержание наименьшее.
Хлориды	Раствор	Повышенное содержание ухудшает качество воды и делает ее малопригодной для питьевого водоснабжения, ограничивает применение для многих технических и хозяйственных целей, для орошения. Поступают в природные воды из атмосферы, из почвы, особенно засоленной, из магматических пород, а также со сточными водами, особенно хозяйственно-бытовых и промышленных предприятий. Подвержены сезонным колебаниям, аналогичным изменению минерализации воды

5. ПРИНЦИПЫ НОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

«Нормативы допустимого воздействия на водные объекты разрабатываются на основании предельно допустимых концентраций химических веществ, радиоактивных веществ, микроорганизмов и других показателей качества воды в водных объектах».

«Водный кодекс РФ», ст. 35

5.1. Нормирование качества воды в водных объектах

Нормирование качества окружающей природной среды, включая водную, – центральная идея Закона РФ «Об охране окружающей среды» (от 19 апреля 1991 г.).

Назначение нормативов качества окружающей природной среды различно. Одни из них дают оценку окружающей экологической среды, другие – лимитируют источники вредного воздействия. Но все нормативы качества являются экологическими нормативами, ибо определяют качество не социальной, а природной среды.

Качеством окружающей природной среды считается такое состояние ее экологических систем, которое постоянно и неизменно обеспечивает процесс обмена веществ и энергии в природе между природой и человеком и воспроизводит жизнь. Качество природы обеспечивается самой природой путем саморегуляции, самоочищения от вредных для нее веществ. Обмен веществом и энергией в природе построен по принципам безотходного процесса, где конечный продукт служит сырьем для исходного продукта следующего цикла.

Человеческое производство построено на отходной технологии. Конечный продукт потребляется лишь в небольшом проценте и не служит исходным для следующего цикла. Воздействие человеческого производства на природную среду и поставило вопрос о регулировании качества той природной среды, в которой живет и проявляет себя человек.

Нормирование качества окружающей природной среды представляет собой деятельность по установлению нормативов предельно допустимых воздействий человека на окружающую природную среду. *Загрязнением* окружающей природной среды считается физическое, химическое, биологическое изменение окружающей природной среды, вызванное антропогенной деятельностью человека, содержащей угрозу причинения вреда жизни и здоровью человека, состоянию растительного и животного мира, экологическим системам природы. *Нормативами качества* окружающей природной среды являются предельно допустимые нормы воздействия на окружающую природную среду со стороны антропогенной деятельности человека (хозяйственной, рекреационной и иной деятельности).

Общие требования к содержанию этих норм сформулированы в выше названном Законе РФ:

– экологическая безопасность населения;

– сохранение генетического фонда (речь идет не только о фондах растений и животных, но и о генетическом фонде человека);

– обеспечение рационального использования и воспроизводства природных условий устойчивого развития хозяйственной деятельности.

Конечная цель этих требований – обеспечение научно обоснованного сочетания экономических и экологических интересов как основы общественного прогресса. Предельно допустимые нормативы – это своего рода компромисс, достигнутый между экономикой и экологией, компромисс вынужденный, позволяющий на взаимовыгодных началах развивать хозяйство и охранять жизнь, благополучие человека.

В основах нормативов качества лежат три показателя: *медицинский* (пороговый уровень угрозы здоровью человека, его генетической программе), *технологический* (способность экономики обеспечить выполнение установленных пределов воздействия на человека и среду его жизни), *научно-технический* (возможность научно-технических средств контролировать соблюдение пределов воздействия по всем его параметрам).

Нормативы качества – это технические или технико-экономические нормы. Они не обладают юридической силой, но становят-

ся юридически обязательными с момента утверждения их компетентным органом. Для нормативов качества окружающей природной среды такими органами являются Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора при Правительстве Российской Федерации (Госкомсанэпиднадзор) и Министерство экологии и природных ресурсов Российской Федерации. Закон юридически закрепляет основные требования к нормативам качества, виды нормативов качества, органы, их утверждающие, обязанности их выполнения и соблюдения, последствия за невыполнение. Сами нормативы, как технические нормы, не входят в содержание закона (так как они не относятся к правовым нормам), а публикуются в специальных изданиях.

Экологические нормативы с экономической точки зрения – это база для определения степени воздействия предприятия на окружающую среду. Они в общем понимании представляют собой степень максимального вмешательства человека в экологические системы, обеспечивающие сохранение их структуры и динамических качеств. Для разработки проектных материалов используются природоохранные нормы и правила проектирования и строительства. Они представляют собой систему унифицированных регламентов, соблюдение которых природопользователем при осуществлении им хозяйственной деятельности предотвращает разрушение и деградацию природных территориальных комплексов (ландшафтов), воды, воздуха, земель, недр, растительного и животного мира, атмосферы.

Основой природоохранных норм и правил проектирования и строительства (ПНиП) являются научно обоснованные и законодательно установленные величины предельно допустимого воздействия на окружающую среду. ПНиП содержатся в нормативно-технической документации. В нашей стране наиболее разработанными являются ПНиП проектирования мероприятий по предотвращению загрязнения водных объектов, атмосферного воздуха, земель, недр, по борьбе с шумом. В меньшей степени разработаны или вообще отсутствуют нормы и правила по разработке мер по охране животного и растительного мира.

5.2. Виды экологических нормативов

Базируясь на законодательной основе нормирования, В.В. Петров [28] подразделяет все нормативы качества окружающей природной среды на три группы:

1. *Санитарно-гигиенические нормативы.* К ним относятся нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ – химических, биологических, физических воздействий и т. д., нормативы санитарных, защитных зон, предельно допустимых уровней радиационного воздействия и др. Цель таких нормативов – определить показатели качества окружающей среды применительно к здоровью человека. Это наиболее разработанная часть нормативов качества окружающей среды, особенно для питьевого водоснабжения и культурно-бытового водопользования ($ПДК_в$).

2. *Производственно-хозяйственные нормативы.* Возглавляют эту группу нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) и сбросов (ПДС) вредных веществ. Они устанавливают требования к источнику вредного воздействия, ограничивая его деятельность определенной пороговой величиной. К числу указанных нормативов могут быть отнесены всякие другие требования, предъявляемые к источникам (стационарным, передвижным) с целью охраны окружающей природной среды и здоровья человека. Поэтому в данную категорию следует отнести технологические, строительные, градостроительные правила, содержащие экологические требования охраны окружающей природной среды.

3. *Комплексные нормативы качества,* сочетающие в себе признаки первой и второй групп: предельно допустимые нормы (ПДН) окружающей среды, нормы защитных и санитарных зон и т.п.

Рассмотрим подробно каждую из этих групп.

Санитарно-гигиенические нормативы качества. Эта группа экологических нормативов ориентирована на показатели здоровья человека и его зависимости от состояния внешней окружающей среды.

В соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей среды» к данной группе нормативов можно отнести нормативы предельно допустимых уровней (ПДУ) воздействия радиации, шума, вибрации, магнитных полей, нормативы предельно допустимых остаточных количеств вредных веществ в продуктах питания.

Согласно этому же Закону РФ (ст. 26), нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ, а также вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих воду, атмосферный воздух, почву, устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в интересах охраны здоровья человека, сохранения генетического фонда растительного и животного мира. ПДК вредных веществ – прежде всего санитарно-гигиенический норматив, ибо основная масса его показателей относится к здоровью человека.

Первые нормы ПДК вредных веществ для питьевой воды были утверждены в 1939 г. К 1991 г. число таких норм ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения достигло 1900.

Роскомгидромет имеет сеть наблюдательных постов и станций, где совместно с санитарно-эпидемиологической службой Российской Федерации осуществляет программу наблюдений, связанную с измерением концентрации вредных веществ в городах и поселках, в водных объектах, атмосфере, почве.

В течение одного только 1989 г. в водные объекты России со сточными водами поступило 1,6 млн т взвешенных частиц, 20,5 млн т неорганических веществ, 1,5 млн т органических соединений, в результате качество воды основных рек на территории России во многих местах оценивалось как неудовлетворительное почти для всех видов водопользования – хозяйственно-питьевого, культурно-бытового, рыбохозяйственного и водопоя скота. Многочисленные очаги загрязнения подземных вод промышленностью, сельским хозяйством, коммунально-бытовыми отходами наблюдаются вокруг крупных городов и промышленных центров. Это приводит к дефициту пресной воды, угрожает здоровью людей.

Нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ едины и обязательны для всех независимо от формы собственности и подчиненности на территории Российской Федерации. В своем большинстве это нормативы, утвержденные еще Минздравом СССР, но они признаются действующими, поскольку не противоречат российскому законодательству и не заменяются новыми нормативами.

Производственно-хозяйственные нормативы качества. Это вторая группа экологических нормативов. Нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ (ст. 27), а также вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы, устанавливаются с учетом производственных мощностей объекта, данных о наличии мутагенного эффекта и вредных последствий по каждому источнику загрязнения – согласно действующим нормативам предельно допустимых концентраций вредных веществ в окружающей природной среде.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ дают экологическую и санитарно-гигиеническую оценку состояния окружающей природной среды, но не указывают на источник вредного воздействия и не регулируют его поведение. Эту функцию выполняют нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ.

Согласно ГОСТу 17.1.1.01-77, *сбросом* называется поступление вещества, находящегося в сточных водах, в водный объект.

Порядок разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов принят Постановлением Правительства Российской Федерации от 3 августа 1992 г. № 545.

Согласно ГОСТу 17.1.3.13-86, устанавливается такое правило: сброс сточных вод в поверхностные воды, а также проведение различного рода работ в пределах водных объектов и водоохранных зон производится только с разрешения, выдаваемого компетентным органом, в данном случае Министерством природы России. Сброс сточных вод в поверхностные и подземные воды допускается только при условии их очистки от загрязнения. Степень очистки определяется их составом и свойствами, ассимилирующей способностью водного объекта, требованиями водопользователей к качеству воды.

Если концентрация вредных веществ уже превышает ПДК, а значения ПДВ (ПДС) по причинам объективного характера предприятием не могут быть достигнуты, для таких предприятий устанавливаются временно согласованные выбросы вредных веществ (ВСВ) и сбросы (ВСС). Вводится поэтапное снижение показателей

выбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДВ (ПДС).

Однако практика жизни не всегда умещается в логику рассуждений. Статистика весьма противоречива. В нормативы ПДВ (ПДС) сейчас укладывается лишь 15–20 % загрязняющих производств. Значительная доля остается за предприятиями, которые работают на 40–50 % ВСВ (временно согласованных выбросах вредных веществ), остальные, а их немало, загрязняют среду на основе лимитных выбросов и сбросов, которые определяются по фактическому выбросу-сбросу на определенном отрезке времени. Но парадокс заключается в том, что ни одного из этих загрязнителей нельзя привлечь к уголовной или административной ответственности, так как все они действуют на основе разрешений на выброс (сброс), выдаваемых органами охраны окружающей среды Минприроды России. Единственной формой ответственности здесь является возмещение вреда, возлагаемое на причинителя вреда – предприятие как источник вредных выбросов, сбросов. Такое возмещение вреда осуществляется независимо от вины причинителя вреда в виде экономической (платежи за загрязнение) и эколого-правовой ответственности предприятия-загрязнителя как источника повышенной опасности (см. комментарий к статьям 20, 88 Закона РФ «Об окружающей окружающей среды»).

Комплексные нормативы качества. Это третья труппа экологических нормативов. Во-первых, к ним относятся *предельно допустимые нормы нагрузки на окружающую природную среду.* Они устанавливаются при формировании территориально-производственных комплексов, развитии промышленности, сельского хозяйства, строительства и реконструкции городов и других населенных пунктов.

Предельно допустимые нормы нагрузки на природную среду (ПДН) – это размеры антропогенного воздействия на природные ресурсы или природные комплексы, не приводящие к нарушению экологических функций природной среды. Для определения таких нагрузок важное значение имеет понятие *емкости природной среды.* Ее показатели свидетельствуют о потенциальных способностях природной среды перенести ту или иную антропогенную нагрузку без нарушения своей экологической функции.

Цель разработки и применения норм ПДН состоит в том, чтобы обеспечить рациональное сочетание хозяйственной и рекреационной деятельности по использованию и потреблению природных ресурсов с охраной природы.

Существуют отраслевые ПДН применительно к отдельным видам природных ресурсов (например, предельные нормы пребывания людей в лесу).

Региональные ПДН разрабатываются с учетом хозяйственной или рекреационной нагрузки на природные комплексы. Известны разработанные нормы допустимых воздействий на экосистему озера Байкал.

Виновные в несоблюдении нормативов предельно допустимых нагрузок на природную среду должностные лица, предприятия, организации должны нести ответственность в виде возмещения причиненного ущерба, если они не докажут, что вред наступил в результате непреодолимой силы (например, стихийного бедствия) или что причинитель вреда не мог знать, исходя из обстоятельств дела, о возможности возникновения вреда.

Во-вторых, к комплексным нормативам качества относятся *нормативы санитарных и защитных зон.* Нормативы санитарных и защитных зон устанавливаются для охраны водоемов и иных источников водоснабжения, курортных, лечебно-оздоровительных зон населенных пунктов и других территорий от загрязнения и вредных воздействий.

Каждая из существующих зон имеет свои конкретные задачи. Так, в одном из первых постановлений по данному вопросу ЦИК и СНК СССР от 17 мая 1937 г. «О санитарной охране водопроводов и источников водоснабжения» (СП СССР, 1937, № 35, ст. 143) предусматривалось образование зон санитарной охраны открытых и подземных источников водоснабжения. В дальнейшем, согласно ГОСТу 17.1.01-77, такая зона была определена как территория или акватория, на которой устанавливается особый санитарно-эпидемиологический режим (для предотвращения ухудшения качества воды источников центрального хозяйственно-питьевого водоснабжения) и охрана водопроводных сооружений.

Для охраны и улучшения гидрологического режима, благоустройства рек, озер, водохранилищ и их прибрежных территорий

создается водоохранная зона, в рамках которой устанавливается специальный режим охраны от загрязнения, засорения и истощения вод.

5.3. Естественные показатели качества воды в классификациях природных вод

Вода, с которой мы ежедневно сталкиваемся, имеет свои природные характеристики, их изменение может вызвать нежелательные последствия для жизни и деятельности живых организмов. С точки зрения чистоты ее разделяют на два понятия: «вода чистая» и «вода условно чистая». *Вода чистая* – вода, не содержащая загрязнений. С санитарной точки зрения, вода чистая не вызывает у человека ухудшения здоровья. Вода чистая – нередко условное, субъективное понятие, поскольку вещества и микроорганизмы могут присутствовать в ней в концентрации, которая одними людьми воспринимается как недопустимая, другими – как вполне приемлемая. Верхним санитарным пределом, отличающим чистую воду от загрязненной, может служить такая концентрация загрязнений, к которой человеческий организм не способен адаптироваться.

Вода условно чистая – это, во-первых, вода, в которой загрязнение не превышает установленный предел или в которой с добавлением чистой воды концентрация загрязняющего вещества доведена до разрешаемого законодательством уровня; во-вторых, это сточные воды, спуск которых без очистки в данный водный объект не приводит к нарушению нормы качества воды в местах водопользования.

Наиболее жесткие требования к воде предъявляет водоснабжение. Для характеристики источника водоснабжения необходимо знать целый набор различных показателей, по которым судят о возможности использования воды для водоснабжения населения.

При отборе пробы воды на анализ следует указать: наименование источника, дату, место и глубину взятия пробы; кем взята проба; метеорологические условия – температуру воздуха, осадки в день взятия пробы и в каждый из 10 дней до взятия пробы; для открытых водоемов приводится сила и направление ветра, а также те условия, которые могут влиять на качество воды в водоисточнике; дата анализа, лаборатория, производящая анализ.

Анализ проб воды проводится по следующим характеристикам: температура воды, °С; запах – качественно, баллы; прозрачность, м; цветность, градусы; мутность и осадок с указанием их характера, мг/л; содержание взвешенных веществ, мг/л (определяется при прозрачности менее 10 см); активная реакция (pH); щелочность и общая жесткость, мг·экв/л; жесткость карбонатная, мг·экв/л; масса сухого остатка, мг/л; содержание (в мг/л): кальция (Ca^{2+}), магния ($Мд^{2+}$) , железа общего (Fe^{3+}) и железа окисного (Fe_2O_3), хлоридов (Cl^-), аммонийных солей (NH^+), сульфатов $(SO_4)^{2-}$, нитритов $(NO_2)^{4-}$ и нитратов $(NO_3)^-$; окисляемость (O_2), мг/л; содержание сероводорода (H_2S), мг/л; общая численность бактерий в 1 мл воды (микробное число); численность кишечных палочек в 1 л воды (коли-индекс).

Состав природной воды довольно сложен и многообразен. Поэтому для использования воды, имеющей различные качественные показатели, разработаны специальные ГОСТы, в которых приведены требования потребителей к содержанию в воде тех или иных ингредиентов. Превышение этого содержания (от нормы) не позволяет использовать воду определенным категориям потребителей. Так, для питьевого водоснабжения эти требования следующие: содержание сухого остатка не должно превышать 1000 мг/л; содержание сульфатов – 500 мг/л; хлоридов – 350 мг/л; общая жесткость – 7 мг·экв/л; запах и привкус при температуре 20 °С – 2 балла; численность кишечных палочек в 1 л воды не должна быть более 10 000 и т. д. Кроме стандартов имеются еще специальные правила министерства здравоохранения.

Каждый вид водопользователей предъявляет определенные требования к качеству воды, которые учитывают не только природные показатели, но и возможное влияние сточных вод. Поэтому, говоря о требованиях к качеству воды, нельзя забывать о влиянии на природные показатели загрязненных стоков. В результате появляются новые требования к качеству воды в питьевом водоснабжении:

– количество растворенного кислорода не должно быть меньше 4 мг/л в любой период года;

– биохимическая потребность в кислороде – БПК (количество кислорода, потребляемое на биохимическое окисление органиче-

ского вещества) – при 20 °С не должна превышать 3 и 6 мг/л для водоемов и водотоков соответственно;

– содержание взвешенных веществ не может увеличиваться более чем на 0,25 и 0,75 мг/л соответственно для водоемов и водотоков;

– вода не должна иметь запахов и привкусов интенсивностью свыше 2 баллов;

– кислотность воды должна находиться в пределах $6,5 < pH < 8,5$;

– окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой 20 и 10 см соответственно для водоемов и водотоков;

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

– на поверхности водоема не должно быть плавающих примесей;

– не допускается наличие возбудителей заболеваний;

– повышение температуры в водоеме или водотоке допускается не более чем на 3 °С;

– содержание минерального осадка не должно превышать 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 мг/л и сульфатов 500 мг/л.

Для водоснабжения используются не только поверхностные, но и подземные воды. Однако эти воды могут быть сильно минерализованными, с повышенной жесткостью или содержать большее количество железа.

Качественная оценка подземных вод как питьевых определяется степенью их минерализации. Пригодными для питья считаются пресные воды, в которых содержится до 1 г/л различных солей, а в некоторых случаях и слабосолоноватые, содержащие солей 1–3 г/л.

Природные воды, имеющие большое число показателей качества, могут быть классифицированы по различным признакам, что позволяет использовать их разным потребителям.

Так, О.А. Алекин природные воды подразделяет (классифицирует) по следующим признакам:

– *по содержанию солей (г/л):* пресные < 1; солоноватые 1–3; соленые 3–10;

– *по степени минерализации (мг/л):* очень малая < 100; малая 100–200; средняя 200–500; повышенная 500–1000; высокая > 1000;

– *по значению pH:* щелочные 11–14; слабощелочные 8–10; нейтральные 7; слабокислые 4–6; кислые 1–3;

– *по общей жесткости* (*мг·экв/л*): очень мягкие < 1,5; мягкие 1,5–3; умеренно жесткие 3–6; жесткие 6–9; очень жесткие > 9;

– *по степени бактериальной загрязненности* (коли-индексу): сильно загрязненные > 10 000; загрязненные > 1000; слабо загрязненные > 100; удовлетворительные > 10; хорошие < 3.

Для питьевого и хозяйственного использования вод разработана более детальная классификация, учитывающая степень бактериальной загрязненности воды (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Санитарное состояние природных вод хозяйственно-питьевого водоснабжения

Состояние воды	Микробное число	Коли-индекс
Чрезвычайно чистая (очень здоровая)	0-10	< 10
Очень чистая (здоровая)	10–100	10^1–10^2
Чистая(удовлетворительная)	100–1000	10^2–10^3
Посредственная (сомнительная)	1000– 10 000	10^3–10^4
Нечистая(нездоровая)	10 000– 100 000	10^4–10^5
Грязная (совершенно нездоровая)	> 100 000	10^5–10^6

Последняя классификация (по степени бактериальной загрязненности) требует пояснений, поскольку гидрологи практически с ней не сталкиваются. Еще в 1892 г. известный бактериолог Роберт Кох сделал открытие – если в 1 мл воды находится не более 100 безвредных бактерий, то она не опасна. Но при увеличении этого числа надо объявлять тревогу. Он предложил критерий оценки качества воды, которым и пользуются до настоящего времени. О качестве воды в бактериальном отношении судят по количеству кишечных палочек в определенном объеме воды. Кишечная палочка – это микроб, который постоянно обитает в кишечнике человека и животных, не является возбудителем какого-либо заболевания и безвреден. Но она свидетельствует о загрязненности воды и возможности заражения ее болезнетворными бактериями. Чем больше их в воде, тем больше вероятность присутствия болезнетворных микробов. В настоящее время показателем бактериального загрязнения воды служат понятия «коли-титр» или «коли-индекс». *Коли-титр* показывает, какой объем воды в кубических сантиметрах приходится на одну кишечную палочку, а *коли-индекс* – численность кишечных палочек в 1 $см^3$ воды, т.е. величина, обратная коли-титру. Безупречная в бактериальном отношении вода должна иметь коли-титр не менее 300.

На основе классификации О.А. Алекина в ГОСТе 17403-72 по степени минерализации (г/дм^3) различают следующие воды: пресные < 1; солоноватые 1–25; соленые 25–50; рассолы > 50.

Минерализация речных вод определяется главным образом составом почво-грунтов бассейна, но иногда и антропогенными факторами. В целом минерализация увеличивается с севера на юг по мере возрастания сухости климата.

Позднее была предложена и более детальная классификация природных вод по водородному показателю (pH), который определяет степень кислотности или щелочности воды: сильнокислые < 3,0; кислые 3,0–5,0; слабокислые 5,0–6,5; нейтральные 6,5–7,5; слабощелочные 7,5–8,5; щелочные 8,5–9,5; сильнощелочные > 9,5.

Большинство поверхностных вод суши имеет нейтральную или слабокислую реакцию (pH 6,0–8,0). Болотные воды обладают кислой реакцией, в дистрофных озерах pH = 4–6, а в евтрофных – pH = 7–10. При pH > 5,5 в пресных водоемах начинается видовое разнообразие гидробионтов, получают развитие грибы.

Цветность воды зависит от содержания в воде органических и неорганических веществ и определяется в градусах путем сравнения с платиново-кобальтовой шкалой. Чистая вода в малом слое бесцветна, при большом слое имеет голубоватый оттенок. Наличие примесей придает воде специфический оттенок: соли железа – красноватый (ржавый), песок и глина – желтый, гумусовые вещества – от желтоватого до коричневого. Цветность природных вод изменяется от единиц до тысячи градусов. Чем интенсивнее окрашена вода, тем отрицательнее ее цветность влияет на органолептические свойства воды и водные экосистемы в результате снижения концентрации растворенного кислорода. Предельно допустимое значение цветности воды, используемой для питьевых целей, составляет 35°.

Запах и вкус воды определяются составом и концентрацией примесей и газов. Запахи могут быть естественного и искусственного происхождения. Классификация воды по интенсивности запаха и привкусу воды приведена в табл. 5.2.

Вкус воды всецело зависит от растворенных в ней веществ и их концентрации. В табл. 5.3 приведены предельные концентрации солей, вызывающих различные вкусовые ощущения.

Таблица 5.2

Шкала интенсивности запаха и привкуса питьевой воды

Балл	Интенсивность запаха или привкуса	Характеристика интенсивности запаса или привкуса
0	Нет	Отсутствие ощущения запаха или привкуса
1	Очень слабая	Запах или привкус, поддающийся обнаружению лишь в лаборатории
2	Слабая	Запах или привкус, не привлекающий внимания потребителя, но поддающийся обнаружению
3	Заметная	Запах или привкус, легко обнаруживаемый и дающий повод относиться к воде подозрительно
4	Отчетливая	Запах или привкус, обращающий внимание и делающий воду неприятной для питья
5	Очень сильная	Запах или привкус настолько сильный, что делает воду не пригодной для питья

Таблица 5.3

Предельная концентрация солей, вызывающих вкусовые ощущения

Соль	Концентрация соли, мг/л. Вкус еле ощутимый, неопределенный	Вкус, воспринимаемый как неприятный
NaCl	150	500 (соленый)
MaCl	100	400 (горький)
$MgSO_4$	200	500 (горький)
$CaSO_4$	70	150 (вяжущий)
KCl	350	700 (горький)
$FeSO_4$	1,5	5,0 (железистый)
MnCb	2,0	4,0 (болотный)
$FeCI_2$	0,3	0,5 (болотный)

Нередко неприятный привкус и запах воды объясняются присутствием в ней продуктов разложения растительных и животных организмов.

Прозрачность воды – это важный экологический показатель, с которым связана интенсивность фотосинтеза, т.е. проникновение в глубину воды света. В природных водах прозрачность определяется по опускаемому в воду белому диску.

О количестве органических веществ в воде обычно судят по биохимическому потреблению кислорода за 5 и 20 суток ($БПК_5$ и $БПК_{20}$) и по перманганатной и бихроматной окисляемости. Показатели $БПК_5$ и $БПК_{20}$ дают представление об органических веще-

ствах животного происхождения и используются при оценке состава хозяйственно-бытовых сточных вод. Бихроматная окисляемость, или химическое потребление кислорода (ХПК), характеризует содержание органических веществ, а перманганатная окисляемость – в основном легкоокисляющихся. Как правило, $БПК_{20}$ отождествляется с полным БПК ($БПК_{20} \approx БПК_{полн}$).

По содержанию органических веществ (мг/дм^3), характеризуемому перманганатной окисляемостью, природные воды классифицируются следующим образом (О.А. Алекин): очень малое < 2; малое 2–5; среднее 5–10; повышенное 10–20; высокое 20–30; очень высокое > 30.

Лучшей интегральной оценкой качества поверхностных вод служат комплексные классификации с учетом ряда компонентов. В частности, такая система оценки качества воды приведена в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Экологические классы качества поверхностных вод суши

Показатель	Очень чистые	Чистые	Весьма незначительно загрязненные	Незначительно загрязненные	Сильно загрязненные	Очень сильно загрязненные
1	2	3	4	5	6	7
Температура, °С	20	25	25	30	30	30
pH	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-8,0	6,0-8,0	6,0-9,0	6,0-9,0
Растворенный кислород, мг/дм^3	8	6	5	3	2	2
Минерализация, мг/дм^3	300	500	800	1000	1200	1200
Взвешенные вещества, мг/дм^3	20	30	50	100	200	200
Общая жесткость, °.	15	20	30	40	50	50
Хлориды, мг/дм^3	50	150	200	300	500	500
Сульфаты, мг/дм^3	50	150	200	300	400	400
Железо общее, мг/дм^3	0,5	1	1	5	10	10
Марганец общий, мг/дм^3	0,05	од	0,3	0,8	1,5	1,5
Аммонийный азот, мг/дм^3	0,1	0,2	0,5	2,0	5,0	5,0
Нитритный азот, мг/дм^3	0,002	0,005	0,02	0,05	0,1	0,1
Нитратный азот, мг/дм^3	1	3	5	10	20	20
Фосфаты, PO_4, мг/дм^3	0,025	0,2	0,5	1,0	2,0	2,0
Общий фосфор, мг/дм^3	0,05	0,4	1,0	2,0	3,0	3,0

Окончание табл. 5.4

1	2	3	4	5	6	7
Перманганатная окисляемость, мг/дм^3	5	10	20	30	40	40
Бихроматная окисляемость, мг/дм^3	15	25	50	70	100	100
$БПК_5$	2	4	8	15	25	25
Органический углерод, мг/дм^3	3	5	8	12	20	20
Экстрагируемые вещества, мг/дм^3	0,2	0,5	1,0	3,0	5,0	5,0
Органический азот, мг/дм^3	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	10,0
Ртуть, мкг/дм^3	0,1	0,2	0,5	1	5	5
Кадмий, мкг/дм^3	3	5	10	20	30	30
Свинец, мкг/дм^3	10	20	50	100	200	200
Мышьяк, мкг/дм^3	10	20	50	150	200	200
Медь, мкг/дм^3	20	50	100	200	500	500
Хром общий, мкг/дм^3	0	20	20	50	100	100
Кобальт, мкг/дм^3	10	20	50	100	500	500
Цинк, мкг/дм^3	0,2	1,0	2,0	5,0	10,0	10,0
Цианиды, мг/дм^3	0,	0,0	0,5	1,0	2,0	2,0
Свободный хлор, мг/дм^3	0,0	0,0	0,0	0,05	0,1	0,1
Анионоактивные детергенты, мг/дм^3	0,002	0,5	1,0	2,0	3,0	3,0
Фенолы летучие, мг/дм^3	0,002	0,01	0,005	0,1	1,0	1,0
Нефтепродукты, мг/дм^3	0,0	0,05	0,1	0,3	1,0	1,0
Коли-индекс, ед./дм^3	10^3	10^4	10^8	$<10^6$	10^6	$>10^6$
Общее число микроорганизмов, ед./дм^3	$5 \cdot 10^5$	10^6	$3 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	10^7	10^7

Помимо этой экологической классификации, учитывающей 36 показателей, при оценке состояния пресноводных экосистем используется «Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим и микробиологическим показателям». В ней также выделено шесть классов: очень чистые (I класс), чистые (II класс), умеренно загрязненные (III класс), загрязненные (IV класс), грязные (V класс) и очень грязные (VI класс). Но определение класса чистоты производится всего по шести показателям, разделенным на две группы: гидробиологические и микробиологические.

К гидробиологическим показателям относятся фитопланктон, зоопланктон, перифитон и зообентос, которые оцениваются по индексу сопробности, отношению общей численности олигохет к общей численности донных организмов и по биотическому индексу.

Микробиологические показатели оцениваются по общей численности бактерий, численности сапрофитных бактерий и их соотношению.

В 1994 г. в России было обследовано 185 водотоков и водоемов, которые классифицировались по указанной системе. Из этого числа водных объектов в состоянии экологического благополучия находились лишь 12 %, в состоянии экологического регресса – 33 %, а остальные 55 % – в состоянии антропогенного экологического напряжения с элементами экологического регресса. В 1995 г. аналогично было обследовано 149 водных объектов, в которых экологическое состояние распределилось так: 12, 36 и 52 % соответственно в том же порядке.

Под состоянием *антропогенного экологического напряжения* понимают небольшие антропогенные нагрузки, стимулирующие увеличение видового разнообразия и интенсивности метаболизма биоценозов.

Состояние *антропогенного экологического регресса* характеризуется уменьшением видового разнообразия, пространственно-временной гетерогенности, упрощением межвидовых отношений в трофической сети, значительным увеличением интенсивности метаболизма биоценозов.

Самое худшее состояние – это состояние *антропогенного метаболического регресса* вследствие тяжелого загрязнения. При этом снижается активность биоценозов до полной их деградации.

Комплексная оценка состояния пресноводных экосистем с учетом экологических модификаций классификаторов позволяет точнее охарактеризовать состояние водных экосистем.

Таким образом, рассмотренные классификации дают возможность оценить водные объекты по их природным экологическим показателям качества. Отклонения реальных качественных показателей водного объекта от принятых при экологической оценке позволяет судить об экологическом состоянии естественных поверхностных вод.

6. СПОСОБЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

«Количество веществ и микроорганизмов, содержащихся в сбросах сточных вод и (или) дренажных вод в водные объекты, не должно превышать установленные нормативы допустимого воздействия на водные объекты».

«Водный кодекс РФ», ст. 35

6.1. Характеристики, используемые для оценивания качества поверхностных вод суши

Под химическим составом природных вод принято понимать весь сложный комплекс минеральных и органических веществ, находящихся в разных формах ионно-молекулярного и коллоидного состояния. Химический состав природных вод, по определению В.И. Вернадского, зависит главным образом от геохимических процессов в географических (ландшафтных) зонах. Так, например, общеизвестна тенденция к увеличению минерализации воды (от нескольких десятков до нескольких сотен миллиграмм на литр в соответствии с увеличением сухости климата и изменением почвенного покрова) на большей части Европейской территории страны с севера на юг и с запада на восток, а на Азиатской территории России – с севера на юг с максимально минерализованными водами в районах южной части Западной Сибири и Южного Приуралья.

Особо необходимо подчеркнуть, что, по мнению В.И. Вернадского (1960), действительно природными (девственными) были только древние земные воды, существовавшие примерно 100 тыс. лет тому назад. В последние же 10–20 тыс. лет все сильнее проявлялось геохимическое воздействие человека на природу, особенно с XIX в., когда интенсивно стала развиваться хозяйственная деятельность человека. В результате во всей биосфере изменяются и исчезают старые виды природных вод и создаются новые «культурные» воды.

На химический состав «культурных» вод наибольшее влияние оказывает сброс в водные объекты сточных вод коммунального хозяйства, промышленных предприятий, а также сельского хозяйства. Результатом такого антропогенного загрязнения, выражающегося в избыточном поступлении с площади водосбора питательных веществ, главным образом фосфора и азота, является ускоренный рост популяций автотрофных гидробионтов, массовое развитие отдельных представителей сине-зеленых водорослей («цветение» воды) и соответственно повышение продукции органического вещества.

Таким образом, антропогенный фактор в современных условиях играет основную роль в процессах формирования качества поверхностных вод. Под *качеством 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. В этой связи разработаны системы предельно допустимых концентраций (ПДК) химических ингредиентов двух типов:

– предельно допустимая концентрация ингредиентов в воде при хозяйственно-питьевом и культурно-бытовом водопользовании ($ПДК_в$);

– предельно допустимая концентрация ингредиентов в воде при использовании водного объекта для рыбохозяйственных целей ($ПДК_{в.р}$).

$ПДК_в$ – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

$ПДК_{в.р}$ – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать пагубного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

В соответствии с изложенным рассмотрим два основных вида использования водного объекта: хозяйственно-питьевое водопотребление и культурно-бытовое водопользование.

К хозяйственно-питьевому водопотреблению относится использование водных объектов или их участков в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения предприятий пищевой промышленности. В соответствии с «Санитарными правилами и нормами» (СанПин 2.1.4.559-96), питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношениях, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства. К культурно-бытовому водопользованию относится использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения. Требования к качеству воды, установленные для культурно-бытового водопользования, распространяются на все участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест, независимо от вида их использования объектами для обитания, размножения и миграции рыб и других гидробионтов (водных организмов).

Рыбохозяйственные водные объекты классифицируютя на три основные группы (категории):

– **к высшей категории** относят места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;

– **к первой категории** относят водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

– **ко второй категории** относят водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

При установлении ПДК для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования ($ПДК_{в}$) применяют три показателя вредности:

– органолептический;

– общесанитарный;

– санитарно-токсикологический.

При установлении ПДК для рыбохозяйственного водопользования ($ПДК_{в.р}$) учитывают пять следующих лимитирующих показателей вредности (ЛПВ):

– органолептический;
– санитарный;
– санитарно-токсикологический;
– токсикологический;
– рыбохозяйственный.

Органолептический показатель вредности характеризует способность вещества изменять органолептические свойства воды (вкус, запах, цвет). *Общесанитарный* показатель вредности определяет влияние вещества на процессы естественного самоочищения вод за счет биохимических и химических реакций при участии естественной микрофлоры. *Санитарно-токсикологический* показатель вредности характеризует вредное воздействие на организм человека, а *токсикологический* – показывает токсичность вещества для живых организмов, населяющих водный объект. *Рыбохозяйственный* показатель вредности определяет порчу качества промысловых рыб. Наименьшая из безвредных концентраций по трем (пяти) показателям вредности принимается за ПДК с указанием лимитирующего показателя вредности.

Рыбохозяйственные ПДК должны удовлетворять комплексу условий, при выполнении которых не должны наблюдаться:

– гибель рыб и кормовых организмов для рыб;

– постепенное исчезновение видов рыб и кормовых организмов;

– ухудшение товарных качеств обитающей в водном объекте рыбы;

– замена ценных видов рыб на малоценные.

В настоящее время рыбохозяйственные ПДК установлены для 1109 веществ, а ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) – для 79 веществ. Для иллюстрации в табл. 6.1 приведены величины ПДК некоторых веществ (металлов) в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и в рыбохозяйственных водных объектах.

Анализ данных, приведенных в табл. 6.1, показывает, что во многих случаях величины ПДК в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования воды превышают ПДК для рыбохозяйственных водных объектов, т.е. ПДКв / ПДКв.р > 1.

Таблица 6.1

Предельно допустимые концентрации соединений металлов и некоторых органических соединений

Вещество	Водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования		Рыбохозяйственные водные объекты	
	$ПДК_в$, мг/л	ЛПВ	$ПДК_{в.}$, мг/л	ЛПВ
Алюминий	0,5	сан.-токс.	0,04	токс.
Барий	0,1	сан.-токс.	0,74	органолепт.
Бериллий	0,0002	сан.-токс.	0,0003	токс.
Ванадий	0,1	сан.-токс.	0,001	токс.
Вольфрам	0,05	сан.-токс	0,0008	токс.
Железо	0,3	органолепт.	0,1	токс.
Кадмий	0,001	сан.-токс.	0,005	токс.
Кобальт	0,1	токс.	0,01	токс.
Литий	0,03	сан.-токс.	0,0007	токс.
Марганец	0,1	органолепт.	0,01	сан.-токс.
Медь	1-0	органолепт.	0,001	токс.
Молибден	0,25	сан.-токс.	0,0012	токс.
Мышьяк	0,05	сан.-токс.	0,05	токс.
Натрий	200	сан.-токс.	120	сан.-токс.
Никель	0,1	сан.-токс.	0,01	токс.
Олово			1,2-5	токс.
Ртуть	0,0005	сан.-токс.	0,00001	токс.
Свинец	0,03	сап.-токс.	0,1	токс.
Стронций	7,0	сап.-токс.	10	токс.
Титан	0,1	общесанит.	0,06	токс.
Хлороформ	0,06		0,005	
Хром (+6)	0,05	сан.-токс.	0,02	токс.
Цинк	1,0	общесанит.	0,01	токс.
Фенол	0,001		0,001	

Примечания: лимитирующий показатель вредности (ЛПВ): сан.-токс. – санитарно-токсикологический, токс. – токсикологичсский, общесанит. – общесанитарный, органолепт. – органолептический.

6.2. Оценка качества вод по гидрохимическим показателям

При систематизации методов, с помощью которых оценивается качество поверхностных вод суши по составу и количеству аналитических данных, обычно выделяют следующие типологические направления: по единичным показателям загрязненности, косвенным (не нормативным) и комплексным. При разработке методов комплексной оценки качества воды сформировалось два направления.

Первое направление – оценка качества воды с помощью различных классификаций. Оценка сводится к определению класса качества воды по наихудшему показателю из имеющегося набора данных. Второе направление – создание интегральных оценок качества воды (индексов качества воды). Этому направлению большое внимание уделяется в России, США, Канаде, Англии и других странах. В этом случае оценка качества воды сводится к получению числа (индекса) по совокупности значений так или иначе выбранных показателей. Использование индексов позволяет проводить оценку качества воды по большому ряду веществ, увеличивая информативность сведений о химическом составе и свойствах природных и загрязненных вод. Проводятся международные конференции, посвященные использованию индексов для оценки состояния окружающей среды, на которых нередко признается, что они служат хорошим инструментом для оценки сложной информации.

Как правило, индексы – это формализованные показатели загрязненности воды, обобщающие более широкие группы натуральных показателей, разнообразнее и с большей степенью объективности учитывающие различные стороны оцениваемого объекта. Такие виды комплексных оценок обеспечивают более разностороннюю оценку качества воды.

В системе Росгидромета в качестве интегральной характеристики загрязненности поверхностных вод используют классы качества воды, оцениваемые по величинам индекса загрязненности вод (ИЗВ). Его расчет проводится для каждого пункта (створа) по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum(\text{С}/\text{ПДК})}{6}, \qquad (6.1)$$

где С/ПДК – относительная (нормированная) среднегодовая концентрация; 6 – строго лимитируемое количество показателей [ингредиентов, берущихся для расчета и имеющих наибольшие относительные среднегодовые концентрации (значения), включая в обязательном порядке растворенный кислород и $БПК_5$ (пестициды в расчет ИЗВ не включаются)].

Для представления качества вод в виде единой оценки показатели выбираются независимо от лимитирующего показателя вред-

ности, при равенстве концентраций предпочтение отдается веществам, имеющим токсикологический показатель вредности. При расчете ИЗВ количество значений, используемых для определения среднегодовых концентраций, должно быть не менее 4. Учитывая, что показатель биохимического потребления кислорода (БПК) является интегральным показателем наличия легкоокисляемых органических веществ (норма для $БПК_{полн}$ – 3 мгO_2 /л), а также то, что с увеличением содержания легкоокисляемых веществ (уменьшением содержания растворенного кислорода) качество вод снижается более резко, нормы для этих показателей при расчете ИЗВ принимаются согласно данным табл. 6.2 и 6.3.

Таблица 6.2

Нормы для $БПК_5$

Биохимическое потребление кислорода (БПК,), мгO_2/л	Норма
До 3 включительно	3
Более 3 до 15	2
Свыше 15	1

Таблица 6.3

Содержание растворенного кислорода, мг/л	Норма
Свыше 6	6
Менее 6 до 5	12
Менее 5 до 4	20
Менее 4 до 3	30
Менее 3 до 2	40
Менее 2 до 1	50
Менее 1 до 0	60

Степень несоответствия содержания растворенного кислорода норме рассчитывается по отношению нормы его содержания к его количеству в пробе воды (реальное содержание).

Сравнение ИЗВ от года к году, от створа к створу, от пункта к пункту позволяет оценить как временную, так и пространственную динамику (тенденцию) качества вод.

Классификация качества вод по ИЗВ и критерии изменения качества (ухудшения или улучшения), используемые при сравнении качества вод и определении его динамики (тенденции), приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Классификация поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям

Характеристика и класс качества воды	Величина ИЗВ	Изменение величины ИЗВ для определения тенденции качества вод, %
I – очень чистая	Менее или равно 0,3	100
II – чистая	Более 0,3 до 1	Более 50
III – умеренно загрязненная	Более 1 до 2,5	Более 30
IV – загрязненная	Более 2,5 до 4	Более 25
V – грязная	Более 4 до 6	Более 20
VI – очень грязная	Более 6 до 10	Более 15
VII – чрезвычайно грязная	Более 10	Более 10

Иногда для оценки качества воды используются единичные показатели загрязненности. Один из наиболее часто применяемых показателей подобного типа – бихроматная окисляемость, или химическое потребление кислорода (ХПК), связанная с содержанием в воде растворенного органического углерода ($C_{орг}$). Этот показатель используется для оценки содержания трудноокисляемых органических веществ, а показатель биохимическое потребление кислорода (БПК) – для легкоокисляемых органических соединений.

Приведем таблицу, данные которой характеризуют связь качества воды с бихроматной окисляемостью (табл. 6.5).

Таблица 6.5

Качество воды в зависимости от бихроматной окисляемости (ХПК) и содержания растворенного органического углерода ($C_{орг}$)

Тип вод	Характеристика качества вод	ХПК, мгO_2 /л	С мг/л
I	Чистые	15–25	7–12
II	Незначительно загрязненные	26–70	13–35
III	Сильно загрязненные	71–100	36–50
IV	Очень сильно загрязненные	Более 100	Более 50

6.3. Оценивание качества вод по гидробиологическим показателям

Загрязнение водного объекта, вызывая изменения в физическом и химическом состоянии воды, приводит к нарушению экологического баланса системы. Гидробиологический способ оценки

основан на определении степени этого нарушения, поскольку, зная ее, можно оценить уровень загрязненности.

Наиболее часто для исследования качества природной пресной воды используются гидробионты бентоса – наиболее крупные и легко наблюдаемые беспозвоночные, обитающие в придонных слоях всех водных объектов. Такие организмы в совокупности относятся к макробеспозвоночным, среди которых основную массу составляют водные стадии развития некоторых насекомых. В пределах этого придонного сообщества чувствительность и устойчивость к загрязнению у различных видов изменяются в широких пределах. Например, те виды, которые чувствительны к снижению содержания растворенного кислорода, нельзя обнаружить в зонах с низкой концентрацией кислорода. Некоторым видам для выживания требуются определенные физические условия: чистые поверхности, галечное дно и т. д. Поэтому любые изменения среды обитания, например заиливание, может привести к существенному уменьшению видовой численности или вызвать полное исчезновение одного или нескольких видов. Иными словами, при загрязнении будет происходить сокращение видового состава сообщества и увеличение численности устойчивых видов.

Для детального анализа этих изменений необходим переход на количественный уровень. Известны два подхода количественной оценки вышеописанных изменений. Первый подход основан на выявлении функций распределения видов по обилию. Параметры этих распределений могут служить в качестве меры, характеризующей видовую структуру сообщества. Однако при таком подходе возникает неоднозначность аппроксимации функцией распределения, что затрудняет экологическую трактовку параметров этих распределений. Интерпретация параметров используемых статистических распределений условно имеет смысл лишь в рамках избранной специалистом модели. Второй подход к количественной оценке видовой структуры состоит в вычислении индексов, не связанных с определенным статистическим распределением, а являющихся функцией только видовой структуры. Эти индексы называются индексами биологического разнообразия (species diversity).

Идея введения индексов биологического разнообразия состоит в том, чтобы охарактеризовать многокомпонентную величину одним числом, например кардинальную структуру системы (видовую структуру сообщества), и тем самым иметь возможность сравнивать между собой различные многокомпонентные величины (различные сообщества). Обычно используются следующие индексы биологического разнообразия: индекс вероятности межвидовых встреч, модифицированный индекс Симпсона, индексы Шелдопа, Маргалефа, Мак-Интоша, Вильямса и Дориса и индекс Шеннона. Последний индекс нашел наиболее широкое применение в исследованиях, посвященных оценке биологического разнообразия водных объектов.

Состояние водного объекта, характеризуемого качеством его вод, может быть оценено полевым обследованием состояния сообщества гидробионтов путем сравнения полученных результатов с результатами для незагрязненных водных объектов аналогичного типа.

Оценка качества водной среды является одной из важнейших задач геоэкологических исследований. При этом недостаточно применять только традиционные методы химического и физико-химического анализа, поскольку при всей их информативности они не позволяют адекватно оценить экологическое состояние воды как среды обитания для живых организмов. Это происходит в силу того, что даже полная характеристика химического состава воды не дает представления о ее пригодности для жизни гидробионтов, так как токсичность водной среды может меняться в зависимости от соотношения различных компонентов, взаимодействие которых приводит к усилению или ослаблению токсического эффекта. Поэтому все более актуальными становятся биологические методы, которые, в отличие от химических, позволяют оценить токсичность водных сред в интегральной форме по степени ее воздействия на водные экосистемы. К числу таких методов относится *биотестирование* – оценка интегральной токсичности водной среды, основанная на реакции организма на присутствие в воде поллютантов. Организмы, используемые в биотестировании, принято называть *тест-объектами.* Регистрируемый отклик тест-объекта на воздействие испытуемых сред называется *тест-*

реакцией, а показатель, на основании которого производится оценка степени загрязнения среды, – *тест-критерием.*

При выполнении биотестового анализа качества вод городских водотоков может быть применен токсикологический тест, разработанный группой отечественных исследователей. Роль тест-объекта в исследованиях играли инфузории вида *Paramecium caitdatum*, культивируемые в лабораторных условиях.

Степень загрязнения определяется по шкале, приведенной в табл. 6.6.

Таблица 6.6

Классы качества воды в зависимости от величин индекса токсичности (*T*)

Индекс токсичности *T*	Степень загрязнения воды
0–0,20	Отсутствует (чистая вода)
0,21–0,40	Низкая
0,41–0,60	Умеренная
0,61–0,80	Высокая
0,81–1,00	Очень высокая
Значимые величины *T* при 2- и 4-кратном разбавлении пробы	Чрезвычайно высокая
Значимые величины *T* при 8-кратном и более разбавлении пробы	Токсичная

Особо подчеркнем, что каждый метод оценки состояния водных объектов имеет свои преимущества и недостатки, но предпочтительнее, чтобы гидрохимический, биохимический и гидробиологический методы использовались в сочетании друг с другом.

6.4. Система интегральных показателей для оценки загрязненности поверхностных вод

Достаточно объективными показателями степени загрязненности рек и водоемов являются характеристики, основанные на данных натурных наблюдений или на теоретических расчетах параметров зон загрязнения, устанавливаемых по превышению концентраций загрязняющего вещества над ПДК или над другими нормативными значениями. Система таких интегральных показателей, позволяющих обобщать данные по створу, части водного объекта или в целом по нему, разработана в Государственном гидрологическом институте [17] и подразделяется на три группы:

1. Гидрологические показатели средней загрязненности и общей нагрузки речного потока лимитирующими или репрезентативными веществами.

2. Гидролого-гидродинамические показатели состояния загрязненности рек и водоемов.

3. Показатели, учитывающие внешний водообмен водоемов (озер и водохранилищ).

Ниже рассмотрим способы расчета этих показателей.

1. ***Гидрологические показатели средней загрязненности и общей нагрузки речного потока.*** Абсолютный показатель общей нагрузки характеризует среднюю насыщенность потока лимитирующим или репрезентативным загрязняющим веществом, смесью загрязняющих веществ или же количеством микроорганизмов. Общая нагрузка может быть выражена средней концентрацией $S_п$ загрязняющей примеси в потоке, принимающем сточные воды. Величина $S_п$ является истинным значением концентрации загрязнителя в так называемом створе полного перемешивания, для выше расположенных створов она может служить условным показателем общей нагрузки. Для вычисления $S_п$ применяется следующая известная в гидрологии формула:

$$S_п = \frac{Q_{ст} S_{ст} + Q_р S_е}{Q_р + Q_{ст}}, \qquad (6.2)$$

где $Q_р$, $Q_{ст}$ – соответственно расходы реки и сточных вод, м^3/с; $S_{ст}$ – концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, г/м^3; $S_е$ – концентрация того же вещества в речных водах до места сброса стоков (естественная концентрация).

Если $S_е = 0$, то

$$S_п = \frac{Q_{ст} S_{ст}}{Q_р + Q_{ст}}. \qquad (6.3)$$

Оценку изменчивости показателя $S_п$ во времени можно выполнить в двух вариантах:

а) представить $S_п$ как функцию времени t, взяв за основу последовательный ряд годовых гидрографов воды или использовав характерные гидрографы реки, в частности гидрограф маловодного или среднего по водности года;

б) можно представить $S_{\text{п}}$ как функцию обеспеченности P суточных расходов реки многолетнего ряда наблюдений. При этом следовало бы учесть и изменения во времени $Q_{\text{ст}}$ и $S_{\text{ст}}$, однако во многих случаях достаточную для проектирования характеристику можно получить и при использовании средних значений указанных величин. Если считать, что $Q_{\text{ст}} = \text{const}$, $S_{\text{ст}} = \text{const}$ и $S_{\text{е}} = 0$, то $S_{\text{п}}$ как функции времени и обеспеченности запишутся следующим образом:

$$S_{\text{п}(t)} = \frac{Q_{\text{ст}} S_{\text{ст}}}{Q_{\text{р}(t)} + Q_{\text{ст}}}, \tag{6.4}$$

и

$$S_{\text{п}(p\%)} = \frac{Q_{\text{ст}} S_{\text{ст}}}{Q_{\text{р}(P\%)} + Q_{\text{ст}}}. \tag{6.5}$$

Оба соотношения могут быть представлены графически или в табличной форме. При использовании формулы (6.5) вычисления ведутся для нескольких расходов заданной обеспеченности, например 8, 20, 50, 75, 90 и 95 %-ной. Это позволяет достаточно надежно построить кривую обеспеченности $S_{\text{п}(P\%)}$. При необходимости выполняется контрольное вычисление на наименьший из измеренных расходов воды или же на расход 99 %-ной обеспеченности, принимаемый за абсолютный минимум.

Показатель превышения загрязненности над нормой $P_{\text{заг}}$ выражает процент обеспеченности (%) превышения загрязненности потока над ПДК (по числу дней или других единиц времени). Значение $P_{\text{заг}}$ определяется из соотношения:

$$P_{\text{заг}} = 100 - P_{\text{чист}}. \tag{6.6}$$

Показатель относительной продолжительности общей загрязненности потока $T_{\text{заг}}$ выражается отношением времени $T_{\text{заг}}$ (например, числа дней), в течение которого средняя концентрация потока $S_{\text{п}}$ превышает ПДК, к общей продолжительности рассматриваемого промежутка времени:

$$\tau_{\text{заг}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{год}}}, \tag{6.7}$$

где $$T_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^{n} \Delta T_{\text{заг}_i} . \qquad (6.8)$$

Значение n выражает общее число интервалов времени $\Delta T_{\text{заг}}$ в году.

Показатель относительной продолжительности стока чистой воды $\tau_{\text{чист}}$ получается тем же путем, что и предыдущий показатель, и вычисляется по формуле:

$$\tau_{\text{чист}} = \frac{T_{\text{чист}}}{T_{\text{год}}} = \frac{T_{\text{год}} - T_{\text{заг}}}{T_{\text{год}}} = 1 - \tau_{\text{заг}} , \qquad (6.9)$$

где $$T_{\text{чист}} = \sum_{i=1}^{m} \Delta T_{\text{чист}_i} ; \qquad (6.10)$$

m – общее число интервалов времени $\Delta T_{\text{чист}\,i}$, отвечающих протеканию чистой воды (при $S_{\text{п}} \le$ ПДК).

Показатель относительного объема загрязненного стока $\alpha_{\text{заг}}$ рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{заг}} = \frac{V_{\text{заг}}}{V_{\text{год}}} , \qquad (6.11)$$

где $V_{\text{год}}$ – объем годового стока реки; $V_{\text{заг}}$ – объем стока реки за все интервалы времени, когда $S_{\text{п}} >$ ПДК. Величина $V_{\text{заг}}$ может быть определена по соответствующим площадям гидрографа, ограниченным вертикальными линиями, проведенными через точки деления абсциссы t на отрезки ΔT_V и $\Delta T_{\text{заг}}$. Объем $V_{\text{заг}}$ складывается из объемов стока за отдельные периоды года, отвечающие превышению $S_{\text{п}}$ над ПДК, т. е.

$$V_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^{n} \Delta V_{\text{заг}\,i} . \qquad (6.12)$$

Показатель $\alpha_{\text{заг}}$ позволяет непосредственно оценить загрязненную выше ПДК часть речного стока, поступающего в водохранилище, озеро или море.

Показатель относительного объема чистого стока $\alpha_{\text{чист}}$ вычисляется по разности:

$$\alpha_{\text{чист}} = 1 - \alpha_{\text{заг}} \qquad (6.13)$$

или по соотношению

$$\alpha_{\text{чист}} = \frac{V_{\text{чист}}}{V_{\text{год}}}. \qquad (6.14)$$

Объем чистого годового стока находится суммированием

$$V_{\text{чист}} = \sum_{i=1}^{m} \Delta V_{\text{чист}} \qquad (6.15)$$

или, если ранее определен $V_{\text{заг}}$, то

$$V_{\text{чист}} = V_{\text{год}} - V_{\text{заг}}. \qquad (6.16)$$

Показатель относительной нагрузки консервативным загрязнителем φ определяется следующим образом. Полагаем, что средняя концентрация загрязняющего консервативного вещества в реке, поступающего в нее со сточными водами, может быть вычислена по формуле (6.2). Учитывая исходное предположение, производим подстановку $S_{\text{п}} \le$ ПДК и записываем

$$\frac{Q_{\text{ст}} S_{\text{ст}} + Q_{\text{р}} S_{\text{е}}}{Q_{\text{ст}} + Q_{\text{р}}} \le \text{ПДК}. \qquad (6.17)$$

Отсюда получаем

$$(S_{\text{ст}} - \text{ПДК}) Q_{\text{ст}} \le (\text{ПДК} - S_{\text{е}})\, Q_{\text{р}} \qquad (6.18)$$

или

$$\frac{(S_{\text{ст}} - \text{ПДК}) Q_{\text{ст}}}{(\text{ПДК} - S_{\text{е}}) Q_{\text{р}}} \le 1. \qquad (6.19)$$

Выражение, стоящее в левой части неравенства, можно назвать показателем относительной нагрузки потока загрязняющим веществом; обозначая его через φ, записываем:

$$\varphi = \frac{(S_{\text{ст}} - \text{ПДК}) Q_{\text{ст}}}{(\text{ПДК} - S_{\text{е}}) Q_{\text{п}}}. \qquad (6.20)$$

Если $S_{\text{е}} = 0$, то зависимость принимает вид:

$$\varphi = \left(\frac{S_{\text{ст}}}{\text{ПДК}} - 1 \right) \frac{Q_{\text{ст}}}{Q_{\text{р}}}. \qquad (6.21)$$

При необходимости рассматривается хронологическое изменение показателя φ в связи с изменением расходов воды, для чего

используются графики $f(t)$. Величина φ может быть представлена в виде зависимости от обеспеченности расхода воды.

Показатель обеспеченности предельно допустимой нагрузки потока консервативным загрязнителем – $P_{\varphi\ пред}$ %. Предельное условие отвечает равенству $\varphi_{пред} = 1$, а допустимая нагрузка – условию $\varphi \leq 1$.

2. ***Гидролого-гидродинамические показатели состояния загрязненности речных потоков и водоемов.*** Достаточно наглядными для общей оценки состояния загрязнения водоема являются такие характеристики, как размеры зон загрязнения. Эти размеры могут задаваться в двумерных и пространственных единицах. В качестве линейного измерителя представляет интерес наибольшая протяженность зоны, т. е. ее длина $L_{заг}$, выражающая расстояние от места выпуска до изолинии концентрации, равной ПДК.

Двумерными измерителями могут служить площадь поперечного сечения зоны загрязнения $\omega_{заг}$ и площадь этой зоны по поверхности потока или водоема $\Omega_{заг}$. Пространственной характеристикой является объем зоны загрязнения $W_{заг}$. Важным показателем является также относительная характеристика максимальной концентрации S_{max} на лимитирующем расстоянии $l_л$, определяемом в зависимости от цели измерения. Размеры зоны загрязнения, а также относительная характеристика максимальной концентрации на расстоянии $l_л$ и величина $L_{заг}$, выражающая расстояние до изолинии концентрации, отвечающей ПДК, изменяются в зависимости от изменения расходов воды, скоростей течения (по величине и направлению), глубины потока, интенсивности внутреннего и внешнего водообмена в водоеме, интенсивности турбулентного перемешивания, обусловленного как стоковым течением, так и ветровым волнением. Основным фактором, определяющим динамику речного потока, является расход воды, с которым связываются некоторые обобщающие параметры качества воды и устанавливается их изменчивость.

Для замкнутых водоемов (озера, водохранилища) основным фактором, определяющим их динамику, следует считать воздействие ветра на свободную поверхность. Поэтому для водоемов изменчивость рассматриваемых показателей качества воды может быть поставлена в зависимость от изменчивости параметров ветра.

Линейный показатель загрязнения $\lambda_{заг}$ выражается соотношением:

$$\left.\begin{aligned}\lambda_{н,заг} &= \frac{L_{заг}}{H_*}\\ \lambda_{в,заг} &= \frac{L_{заг}}{B_*}\end{aligned}\right\}, \qquad (6.22)$$

где $L_{заг}$ применительно к речному потоку показывает длину зоны загрязнения, т. е. расстояние от створа выпуска сточных вод до створа, где наибольшая концентрация лимитирующего вещества равна ПДК. Для водоема (озера или водохранилища) $L_{заг}$ выражает наибольшее расстояние от места выпуска сточных вод до изолинии концентрации загрязняющего вещества, отвечающей ПДК. Величины H_* и B_* для речного потока вычисляются как средняя глубина и ширина на участке между створом выпуска и створом ПДК, для водоема – средняя глубина на участке, в пределах которого распространено загрязнение. Показатель $\lambda_{в,заг}$ для водоемов не вычисляется.

В реках показатель $\lambda_{заг}$ в наибольшей мере изменяется в связи с изменением расходов воды. В водоемах главным факторам, определяющим изменчивость $\lambda_{в,заг}$, является ветер.

Показатели относительной площади зоны загрязнения даются в двух вариантах:

а) по площади поперечного сечения (показатель $\beta_{заг}$):

$$\beta_{заг} = \frac{\omega_{заг}}{\omega_{общ}}, \qquad (6.23)$$

применяемый только для речных потоков;

б) по площади зоны в плане (показатель $\eta_{заг}$):

для речных потоков

$$\eta_{заг} = \frac{\Omega_{заг}}{\Omega_{о.п.}} \qquad (6.24)$$

и для озер и водохранилищ

$$\eta_{заг} = \frac{\Omega_{заг}}{\Omega_{общ}}. \qquad (6.25)$$

В этих зависимостях $\omega_{общ}$ – площадь поперечного сечения речного потока в створе наибольшего распространения загрязнения по ширине реки; $\omega_{заг}$ – площадь поперечного сечения загрязнения части потока в том же створе; $\Omega_{о.п}$ – общая площадь зеркала речного потока от створа выпуска до створа, в котором максимальная концентрация лимитирующего загрязняющего вещества равна ПДК. Для озер и водохранилищ используется отношение площади зоны загрязнения к общей площади водоема $\Omega_{общ}$.

Относительный объемный показатель загрязнения $\mu_{заг}$ для речного потока вычисляется как частное от деления объема зоны загрязнения $W_{заг}$ на объем участка реки $W_{о.п}$, заключенного между створом выпуска сточных вод и створом, ограничивающим зону загрязнения снизу по течению.

Для речного потока

$$\mu_{заг} = \frac{W_{заг}}{W_{о.п}}, \tag{6.26}$$

для озера или водохранилища

$$\mu_{заг} = \frac{W_{заг}}{W_{общ}}, \tag{6.27}$$

где $W_{общ}$ – общий объем водных масс в водоеме. Показатель $\mu_{заг}$ в реках изменяется в связи с изменениями расходов воды, а в водоемах – в связи с изменением ветра и объема водных масс, связанного функционально со средним уровнем водоема. Соответственно исследуется изменчивость показателя $\mu_{заг}$.

Относительный показатель максимальной концентрации на лимитирующем расстоянии l от выпуска ψ_l определяется по соотношению:

$$\psi_l = \frac{S_{max_l}}{ПДК}, \tag{6.28}$$

где S_{max_l} – максимальная концентрация рассматриваемого загрязнения веществом на расстоянии l от выпуска. В качестве лимитирующего расстояния при оценке загрязненности водного объекта, используемого в рыбохозяйственных целях, принимается расстояние 500 м. Лимитирующее расстояние в реках измеряется от вы-

пуска вниз по течению, в водоемах (в общем случае) – по радиусу окружности с центром в месте выпуска.

Показатель ψ_l в реках изменяется при изменении расходов воды, в водоемах – при изменении ветро-волновых характеристик и уровня воды. Изменчивость показателя ψ_l исследуется аналогично изменчивости перечисленных выше показателей.

3. ***Показатели, учитывающие внешний водообмен водоемов.*** Условный показатель внешнего водообмена озера или водохранилища $t_{усл}$, имеющий размерность времени (год, сутки, секунды), определяется зависимостью

$$t_{усл} = \frac{W}{V_в} \text{ (год, сутки)} \qquad (6.29)$$

или соответственно

$$t_{усл} = \frac{W}{Q_в} \text{ (секунды),}$$

где W – среднее многолетнее значение объема озера или водохранилища, м^3; $V_в$ – средний за многолетний период годовой (м^3/год) или суточный (м^3/сут.) сток воды из водоема; $Q_в$ – расход воды (м^3/с), вытекающей из водоема (секундный сток).

Показатель $t_{усл}$ характеризует продолжительность периода выноса из водоема определенной части водных масс вместе с содержащимися в них растворенными веществами. Поэтому при вычислении $t_{усл}$ к объему стока $V_в$ не добавляется испарение с поверхности рассматриваемого водного объекта.

Показатель относительного времени насыщения водоема загрязняющим веществом до уровня ПДК – $\tau_{пдк}$. Безразмерная величина $\tau_{пдк}$ определяется отношением:

$$\tau_{пдк} = \frac{t_{пдк}}{t_{усл}}, \qquad (6.30)$$

где $t_{пдк}$ – время, необходимое для насыщения водоема загрязняющим веществом до уровня ПДК (по величине средней концентрации в водоеме). Время $t_{пдк}$ выражается в тех же единицах, что и $t_{усл}$.

Теоретически можно показать, что процесс постепенного изменения средней концентрации S загрязняющего вещества в про-

точном водоеме, начавшийся в момент $t = 0$ и обусловленный выпуском в водоем сточных вод с концентрацией $S_{ст}$ и расходом $Q_{ст}$, выражается зависимостью:

$$S = S_{t\to\infty}\left(1 - e^{-\frac{Q_{в.изм}}{W}t}\right), \qquad (6.31)$$

где $Q_{в.изм}$ – средний за длительный период времени секундный расход воды потока, вытекающего из водоема и измененный под влиянием водозабора промышленного предприятия или населенного пункта и сброса сточных вод. Предполагается, что с достаточным приближением можно принять

$$Q_{в.изм} \cong Q_{в} - Q_{водозабор} + Q_{ст}. \qquad (6.32)$$

Если $Q_{водозабор} = Q_{ст}$, то $Q_{в}$ не изменяется и должен фигурировать в формуле (6.31).

Время t в формуле (6.31) берется в секундах. Величина $S_{t\to\infty}$ выражает среднюю концентрацию загрязняющего вещества в водоеме, которая установится в нем в результате длительного сброса консервативного загрязняющего вещества. Концентрация $S_{t\to\infty}$ отвечает условию стабилизации качества воды в водоеме. Для консервативного загрязнителя $S_{t\to\infty}$ определяется зависимостью:

$$S_{t\to\infty} = \frac{S_{ст}Q_{ст}}{Q_{в.изм}}, \qquad (6.33)$$

при выводе которой принято, что в водах притоков водоема рассматриваемое вещество не содержится.

Введем понятие измененного условного времени водообмена $t_{усл.изм}$, которое будем определять из соотношения, учитывающего искусственное изменение стока из водоема, например, за счет водозаборов и сбросов сточных вод (6.32):

$$t_{усл.изм} = \frac{W}{Q_{в.изм}}. \qquad (6.34)$$

Приняв во внимание это равенство, запишем формулу (6.31) в виде:

$$\frac{S}{S_{t\to\infty}} = 1 - e^{-\frac{t}{t_{\text{усл.изм}}}} \qquad (6.35)$$

Чтобы найти время $t_{\text{ПДК}}$, подставим в формулу (6.35) равенство S = ПДК и решим ее относительно t. Очевидно, что при этом вместо t будем иметь $t_{\text{ПДК}}$:

$$t_{\text{ПДК}} = -l_{\text{усл.изм}} \ln\left(1 - \frac{\text{ПДК}}{S_{t\to\infty}}\right). \qquad (6.36)$$

Показатель относительного времени насыщения $\tau_{\text{ПДК}}$ при переходе к десятичным логарифмам и учете зависимости (6.33) будет выражаться формулой:

$$\tau_{\text{ПДК}} = -2{,}3 \lg\left(1 - \frac{\text{ПДК} \cdot Q_{\text{в.изм}}}{S_{\text{ст}} Q_{\text{ст}}}\right). \qquad (6.37)$$

Эта зависимость записана для измененного режима стока из водоема, но для упрощения записи индекс «изм» при $\tau_{\text{ПДК}}$ будем опускать, так как для неизмененных условий рассматриваемая величина не вычисляется. Полученная формула может применяться для оценки допустимого периода сброса сточных вод в проточные водоемы во всех тех случаях, когда лимитирующим показателем является средняя концентрация загрязняющего вещества в водоеме или в вытекающей из нее реке, а не размеры зон загрязнения и распределения концентраций загрязняющего вещества в водоеме.

По найденным значениям $\tau_{\text{заг}}$, $\tau_{\text{чист}}$ могут быть построены диаграммы состояния загрязненности речных вод по контролируемым показателям (ингредиентам), показывающие структуру загрязненности речного стока.

Диаграмма вычерчивается для конкретного периода (обычно для годового цикла) и характеризует особенности загрязнения водотока в данном пункте (створе). Для фонового створа диаграмма строится отдельно.

Диаграммы состояния, давая наглядное представление о вкладе отдельных химических веществ в общий уровень загрязненности речного стока по их влиянию на продолжительность и объем загрязнения речного стока, могут быть полезны и при регулировании качества воды, планировании водохозяйственных мероприятий.

6.5. Расчет предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты

За предельно допустимый сброс (ПДС) веществ в водный объект принимается масса веществ в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте (ГОСТ 17.1.1.01–77).

Целью установления ПДС является определение допустимого количества веществ, которое поступает в водные объекты в результате хозяйственной деятельности и при котором состав вод сохраняется на уровне, сформировавшемся под влиянием природных факторов, а нормы качества воды обеспечиваются работой соответствующих водоохранных мероприятий. ПДС является основой контроля за соблюдением режимов сброса и качества вод в водные объекты и целевым показателем для разработки планов и программ развития водоохранных комплексов.

ПДС целесообразно устанавливать по бассейновому принципу с учетом предельно допустимых концентраций (ПДК) веществ в местах водопользования. Без бассейнового принципа ПДС могут устанавливаться для каждого водопользователя в отдельности.

Расчетные условия для определения ПДС веществ и реализующих их водоохранных мероприятий в речном бассейне включают:

– гидрографические и морфометрические характеристики рек, расчетные гидрологические, гидравлические и гидрохимические характеристики речного стока в контрольных и расчетных створах;

– расчетные количественные и качественные характеристики основных генетических составляющих речного стока, формирующихся на участках между смежными по течению створами: подземного притока в реки, поверхностного стока с урбанизированной территории, сельскохозяйственных (пахотных) и естественных (непахотных) территорий водосбора;

– расчетные или заданные характеристики водозаборов, расходов и состава сбрасываемых сточных вод, сработки водохранилищ и прудов, переброс стока, откачки подземных вод и т. п.

– характеристики размещения объектов водопользования и других хозяйственных воздействий на сток по гидрографической сети, требований водопользователей к качеству воды, процессов самоочищения рек бассейна;

– технико-экономические характеристики реализованных и возможных водоохранных мероприятий.

Основные требования при выборе расчетных условий:

– расчетные условия должны назначаться с учетом конкретных требований водопользователей к состоянию рек (расходам, качеству воды и их режиму) в контрольных створах и на участках между ними;

– расчетные характеристики речного стока, его генетических составляющих и влияющей на реки хозяйственной деятельности ввиду их асинхронности должны рассматриваться совмещенно по месяцам и условиям водности года;

– расчетные расходы речного стока, формирующиеся на основе природных составляющих и влияния хозяйственной деятельности, должны быть сбалансированы по течению рек, что достигается при максимальной детализации их рассмотрения;

– расчетное количество речного стока должно определяться для условий нормализованных (т. е. достижимых на типовых или на уже реализованных передовых водоохранных сооружениях) характеристик сбрасываемых сточных вод, чтобы исключить фактор неоправданного использования ассимилирующей способности рек за счет отсутствия или неудовлетворительной работы водоохранных сооружений;

– лимитирующие расчетные условия рек должны выбираться из помесячно совмещенных расчетных значений их количественных и качественных характеристик с учетом влияния хозяйственной деятельности, формирующих лимитирующие значения разбавляющей способности речного стока по отдельным нормированным веществам или их группам в контрольных створах и на участках рек; допускается при надлежащем обосновании производить выбор лимитирующих расчетных условий рек бассейна на основе анализа данных за наиболее характерные лимитирующие месяцы (зимний, летний и в ряде случаев осенний) маловодного года с учетом рассмотрения при необходимости лет более высокой расчетной водности;

– расчетные условия для определения ПДС веществ выбираются по современным данным о водных и водохозяйственных объектах или же перспективным, менее благоприятным их значениям, если они достоверно известны, в период действия установленных ПДС веществ.

Для стандартизации процедуры выбора расчетных условий, формирующих лимитирующие значения разбавляющей и ассимилирующей способности рек бассейна, необходимо применять следующие регламенты определения отдельных характеристик рек и хозяйственных факторов:

– расход водозаборов и сточных вод – максимально среднечасовые по лимитирующим месяцам года за период действия установленных ПДС веществ;

– составы сточных вод – то же, с учетом реально достижимой эффективности работы типовых или более эффективных существующих водоохранных сооружений;

– расход рек на незарегулированных (необводняемых) участках – расчетные минимальные среднемесячные расходы года 95 %-ной обеспеченности с учетом их повышения под влиянием хозяйственной деятельности;

– расходы рек на зарегулированных (обводняемых) участках – установленные гарантированные с учетом влияния хозяйственной деятельности, но не ниже расчетных минимальных расходов года 95 %-ной обеспеченности;

– фоновый состав воды в реках – расчетный для лимитирующих месяцев года при расчетных расходах воды и соответствующих им расчетных характеристиках подземного и поверхностного стока водозаборов, гидротехнических мероприятий, а также при расходах и составе сточных вод, достигаемых на типовых или более эффективных существующих водоохранных сооружениях;

– расстояние до створов – по фарватеру в километрах;

– скорости течения, морфометрические характеристики, коэффициенты смешения и самоочищения рек – их среднеарифметические значения в смежных по течению створах при расчетных расходах воды в лимитирующие месяцы года;

– расходы выпусков воды из водохранилищ и при перебросках стока – проектные гарантированные для рассматриваемых гидрологических условий с учетом необходимости обеспечения на зарегулированных (обводняемых) участках рек расчетных среднемесячных расходов года 95 %-ной обеспеченности;

– расходы поверхностного стока – соответствующие расчетным приращениям поверхностной составляющей стока рек на участках

между смежными расчетными створами при расчетных минимальных среднемесячных расходах года 95 %-ной обеспеченности;

– объемы (слои) атмосферных осадков – наблюденные помесячные на участках водосборов между смежными створами гидропостов при совмещенных во времени наблюденных помесячных расходах рек, близких расчетным минимальным среднемесячным расходам года 95%-ной обеспеченности;

– расходы поверхностного стока с застроенных территорий – расчетные с учетом их площадей, принятых количества осадков и коэффициентов стока;

– расходы поверхностного стока с сельскохозяйственных (пахотных) и естественных (непахотных) территорий – расчетные с учетом их площадей, соотношений коэффициентов стока с данных типов территорий и приращений поверхностной составляющей стока рек (за вычетом расходов поверхностного стока с застроенных территорий) на участках между смежными по течению створами;

– составы поверхностного стока с застроенных территорий – расчетные в стоке дождевых вод при значениях периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя в пределах 0,05–0,1 года;

– составы поверхностного стока с сельскохозяйственных и естественных территорий – расчетные по сезонам года в жидком и твердом стоке максимальных дождевых паводков 95 %-ной обеспеченности;

– расход дренажного стока – расчетные среднемесячные расходы года 95 %-ной обеспеченности;

– составы дренажного стока – максимальные среднемесячные по сезонам года в расчетном дренажном стоке.

Выбор расчетных условий водоемов производится с применением регламентов, аналогичных для рек и специфичных для водоемов. К специфичным условиям относятся:

– объемы и уровни воды в водоеме – расчетные среднемесячные в год 95 %-ной обеспеченности;

– расходы поверхностного и подземного стоков – расчетные среднемесячные на базе их модулей, определяемых по данным для бассейнов рек, впадающих в водоем, или аналогов, в год 95 %-ной обеспеченности с учетом скорости водообмена водоема;

– время добегания до контрольного створа – расчетные по кратчайшему расстоянию при максимальной скорости переноса водных масс;

– ассимилирующая способность водоема – расчетная при максимальной.стратификации водных масс и минимальных коэффициентах смешения и деструкции или трансформации веществ по сезонам года 95 %-ной обеспеченности.

Расчет ПДС, как уже отмечалось, производится с целью обеспечения качества воды водного объекта в контрольном створе. ПДС устанавливают с учетом ПДК веществ в местах водопользования, в которых сбрасывают сточные воды.

В случае сброса нескольких веществ с одинаковыми лимитирующими показателями вредности (ЛПВ) ПДС устанавливается так, чтобы с учетом примесей, поступающих в водоем или водоток от вышерасположенных выпусков, сумма отношений концентраций каждого вещества в водном объекте к соответствующим ПДК не превышала единицы. Таким образом, при расчете ПДК должны соблюдаться следующие условия:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1}+\frac{C_2}{\text{ПДК}_2}+\cdots+\frac{C_n}{\text{ПДК}_n}\le 1, \qquad (6.38)$$

где C_n – концентрация загрязняющих веществ с одинаковым ЛПВ в контрольном створе (ниже выпуска).

С учетом требований к составу и свойствам воды в водных объектах для всех категорий водопользования ПДС определяется как произведение наибольшего, среднечасового расхода сточных вод $q_{ст}$ ($м^3/ч$) за период сброса и концентрации веществ в сточных водах $C_{ст}$($г/м^3$) по формуле:

$$\text{ПДС} = q_{ст}\, C_{ст}. \qquad (6.39)$$

При расчете ПДС в расчетном створе должна быть обеспечена определенная концентрация контролируемых веществ, не превышающая нормативных требований к составу и свойствам вод данного водного объекта.

Для сброса сточных вод в черте населенного пункта ПДС устанавливается с учетом отнесения нормативных требований к составу и свойствам водных объектов к самим сточным водам. Если фактический сброс меньше расчетного ПДС, то в качестве ПДС принимается фактический сброс.

7. МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРИРОДООХРАННАЯ СЛУЖБА ПРЕДПРИЯТИЙ

«Государственный мониторинг водных объектов является частью государственного мониторинга окружающей среды».
«Водный кодекс РФ», ст. 30

7.1. Понятие, цели и задачи мониторинга

Под влиянием антропогенной деятельности происходят изменения во всей биосфере, что требует постоянных наблюдений. Для этой цели в России разработана система наблюдений, контроля и прогноза за состоянием окружающей среды, которая получила название «мониторинг».

Термин «мониторинг» предложен американским ученым Р. Маном, который подразумевал под ним систему повторных наблюдений одного или более элементов окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями и в соответствии с заранее подготовленной программой. Позднее Ю.А. Израэль уточнил эту формулировку, определив мониторинг как систему наблюдений за антропогенными изменениями природной среды, оценки и прогноза ее состояния на фоне естественных изменений. Одной из задач мониторинга является сбор информации о состоянии водной среды и уровнях ее загрязнения в пространстве и во времени по определенной программе.

В 2003 г. (по данным Росгидромета) в России наблюдениями за загрязнением поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям было охвачены 1182 водных объекта. Отбор проб велся на 1716 пунктах (2390 створах) по физическим и химическим показателям с одновременным определением гидрологических показателей. Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям производились в 198 пунктах. Программа наблюдений включала от 2 до 6 показателей.

Мониторинг – это оценка состояния окружающей природной среды путем повторных наблюдений за ее элементами (компонентами) в пространстве и во времени с определенной целью и по заранее подготовленной программе. Мониторинг может осуществляться в различных масштабах, в том числе и в глобальных. Академик И. И. Герасимов выделяет три основных «блока» современного мониторинга:

– *биоэкологический* мониторинг – включает наблюдения за состоянием среды с точки зрения ее влияния на состояние здоровья человека, поскольку оно является наиболее комплексным критерием состояния окружающей среды;

– *геоэкологический,* или природно-хозяйственный, мониторинг – объединяет наблюдения за состоянием и изменением как природных геосистем, так и природно-технических (агросистемы, городские системы и т. д.);

– *биосферный* мониторинг – проводит наблюдения, контроль и прогноз возможных изменений в глобальном масштабе, т. е. в отношении биосферы в целом как среды жизни всего человечества.

Ю. А. Израэль выделяет следующие основные задачи, которые стоят перед глобальной системой биосферного мониторинга:

– наблюдения за изменением состояния биосферы, выделение тех элементов, которые обусловлены человеческой деятельностью;

– прогноз и определение тенденций в изменении биосферы;

– оценка изменений биосферы.

Данные наблюдений дают материал для прогноза возможных изменений в биосфере. Оценка этих изменений и изменений тенденций должна дать ответ на вопрос о неблагополучном положении в биосфере, указать, в чем и где причина создавшегося состояния, помочь определить те действия, которые помогут нормализовать положение. Поэтому еще в 1972 г. в Советском Союзе было принято решение о создании Общегосударственной службы наблюдений и контроля за загрязненностью объектов природной среды (ОГСНК). Организация и обеспечение функционирования этой службы были возложены на Гидрометслужбу СССР.

Это же постановление определило задачи отдельных министерств и ведомств в части контроля за загрязнением поверхностных вод и обязало их разработать и осуществить мероприятия по

созданию сети пунктов контроля качества поверхностных вод. Постановлением была предусмотрена также разработка комплекса государственных стандартов в области охраны природы.

В задачу Общегосударственной службы наблюдений и контроля за загрязненностью объектов природной среды входило:

– систематическое получение как отдельных, так и обобщенных во времени и пространстве данных о качестве воды;

– обеспечение центральных хозяйственных органов, а также заинтересованных организаций систематической информацией и прогнозами о качестве воды водоемов и водотоков и экстренной информацией о резких изменениях загрязненности воды.

В настоящее время в «Водном кодексе РФ» (ст. 30) записано, что государственный мониторинг водных объектов, находящихся в федеральной собственности или собственности субъектов, также в собственности муниципальных образований, физических или юридических лиц, является частью государственного мониторинга окружающей среды.

Его целью являются «своевременное выявление и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состоянии, разработки и реализации мер по предотвращению негативных последствий этих процессов», оценка эффективности охраны водных объектов и обеспечение необходимой информацией органов государственного контроля и надзора.

Частью государственного мониторинга водных объектов является гидрометеорологический мониторинг, осуществляемый Росгидрометом, а также мониторинг состояния дна и берегов водных объектов и состояния водоохранных зон.

В систему мониторинга входят наблюдения за водохозяйственными системами и используемыми объемами воды при водопотреблении и водоотведении.

При проведении мониторинга и разработки схем охраны водных объектов и их комплексного использования учитываются физико-географические особенности гидрографических районов (климатические условия, морфология и морфометрия водосбора, водный режим водотоков и водоемов, подземные воды, растительность, почво-грунты и др.). При этом наиболее крупной гидрогра-

фической единицей (согласно «Водному кодексу РФ») является бассейновый округ, состоящий из главного речного бассейна и подбассейна реки, впадающей в главную реку. Следует отметить, что понятие «подбассейн» в гидрологии отсутствует, поскольку имеются достаточно ясные и полные понятия – «малая река», «средняя река» и «большая река» и соответственно такие же понятия применительно к озерам, о чем свидетельствуют гидрологический словарь и ГОСТ [25].

Основными задачами мониторинга водных объектов являются (в соответствии с «Водным кодексом РФ»):

– регулярные наблюдения за количеством и качеством воды и режимом использования водоохранных зон;

– сбор, обработка и хранение данных наблюдений;

– внесение данных наблюдений в государственный водный реестр;

– оценка и прогнозирование изменений количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов.

Сведения о водном объекте и результаты наблюдений за количеством и качеством воды оформляются в виде водного реестра, имеющего государственный статус. В него включаются сведения о бассейновых округах, речных бассейнах, водохозяйственных участках, водных объектах в границах речных бассейнов и его физико-географических характеристиках, о водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах, о характере использования водных объектов, включая наличие гидротехнических и других сооружений на водных объектах, а также документы юридического плана, отражающие права пользования или собственности в отношении водного объекта.

«Документированные сведения государственного водного реестра носят открытый характер», но «за предоставление копий документов ... взимается плата» (ст. 31).

Данные мониторинга о состоянии водных объектов и об их использовании являются основой для разработки мероприятий по охране водных объектов и при составлении схем комплексного использования вод. В этих схемах приводятся: перечень мероприятий по охране водных объектов, целевые показатели качества воды, лимиты водозаборов и сбросов сточных вод, водохозяйственные балансы.

7.2. Организация работ по наблюдению и контролю качества поверхностных вод

Контроль качества поверхностных вод в системе ОГСНК проводится в соответствии с требованиями ГОСТа 17.1.3.07-82. «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков». Он устанавливает единые требования к построению сети контроля, проведению наблюдений и обработке данных.

В основе организации и проведения контроля в пунктах ОГСНК лежат следующие основные принципы:

– комплексность и систематичность наблюдений;

– согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями;

– определение показателей качества воды едиными методами.

Соблюдение этих принципов достигается установлением программ контроля (по физическим, химическим, гидробиологическим и гидрологическим показателям) и периодичностью проведения контроля, выполнением анализа проб воды по единым методикам, проведением гидрометрических работ в соответствии с указаниями.

Первым этапом организации работ по наблюдению и контролю качества поверхностных вод является выбор местоположения пунктов контроля.

Под пунктом контроля качества поверхностных вод следует понимать место на водоеме или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о качестве воды. При наличии нескольких источников загрязнения под пунктом контроля следует понимать весь участок водоема или водотока, на котором расположен населенный пункт, а не отдельные источники загрязнения.

Название пункта контроля дается по названию какого-либо постоянного ориентира (населенный пункт, электростанция, плотина и т. п.) для определенного водного объекта.

Пункты контроля организуют в первую очередь на водоемах и водотоках, имеющих большое хозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственными сточными водами. На незагрязняемых сточными

водами водоемах и водотоках или на их участках создаются пункты для фоновых наблюдений.

Пункты контроля организуют на водоемах и водотоках в районах:

– расположения городов и крупных рабочих поселков, сточные воды которых сбрасываются в водоемы и водотоки;

– сброса сточных вод отдельно стоящими крупными промышленными предприятиями, территориально-производственными комплексами, организованного сброса сельскохозяйственных сточных вод;

– мест нереста и зимовья ценных видов промысловых организмов;

– предплотинных участков рек, являющихся важными для рыбного хозяйства;

– пересечения реками государственной границы и границ республик;

– замыкающих створов больших и средних рек;

– устьев загрязненных притоков больших водоемов и водотоков.

Для изучения природных процессов и определения фонового состояния воды водоемов и водотоков пункты контроля создают также на неподверженных прямому антропогенному воздействию участках водного объекта, расположенного на территории государственных заповедников и национальных парков.

В пунктах контроля организуются один или несколько створов наблюдений. Под створом пункта (наблюдения) контроля следует понимать условное сечение водоема или водотока, в котором производится комплекс работ для получения данных о качестве воды. Местоположение створов устанавливают с учетом гидрометеорологических и морфологических особенностей водоема или водотока, расположения источников загрязнения, количества, состава и свойств, сбрасываемых сточных вод, интересов водопользователей, а также «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Один створ устанавливают на водотоках при отсутствии организованного сброса сточных вод в устьях загрязненных притоков, на незагрязненных участках водотоков, на предплотинных участках рек, на замыкающих участках рек, в местах пересечения границы.

Два створа и более устанавливают на водотоках при наличии организованного сброса сточных вод. Один из них располагают выше источника загрязнения (вне влияния рассматриваемых сточных вод), другие – ниже источника загрязнения. Состав воды в пробе, взятой выше источника загрязнения, характеризует фоновое значение показателей качества воды водотока. Сравнение фоновых значений показателей с показателями в пробе, отобранной ниже источника загрязнения с учетом времени добегания, позволяет судить о характере и степени загрязненности вод под влиянием источников загрязнения. Изменение состава воды в пробах, отобранных также с учетом времени добегания в первом после сброса сточных вод створе и в расположенных ниже створах, дает возможность оценить самоочищающую способность водотока.

Верхний створ устанавливают на 1 км выше источника загрязнения (обычно на этом расстоянии исключается возможность влияния на водоток поступающих со сточными водами загрязняющих веществ). Выбор створов ниже источника загрязнения осуществляется с учетом всего комплекса условий, влияющих на характер распространения загрязняющих веществ в водотоке.

При выборе створа ниже источника загрязнения необходимо, чтобы он характеризовал состав воды в целом по сечению, т. е. был расположен в месте достаточно полного (не менее 80 %) смешения сточных вод с водой водотока.

Полученное расчетным путем расположение створов смешения рекомендуется уточнить во время обследования участка путем измерения характерных для оценки смешения данных. Створ смешения мигрирует вдоль русла водотока, оптимальным следует считать место, где створ контроля совпадает со створом гарантированного в течение года практически полного смешения сточных вод с водой водотока. На реках, используемых для нужд рыбного хозяйства, такой створ устанавливается в 0,5 км от места сброса сточных вод.

При наличии на водотоке нескольких источников загрязнения верхний створ располагается выше первого источника, нижний – ниже последнего. Между створами выше и ниже источников загрязнения могут быть установлены дополнительные створы, которые должны охарактеризовать влияние отдельных источников за-

грязнения. При наличии на водотоке нескольких рукавов створы располагают на тех из них, где наблюдаются наибольшие расходы и нарушения норм качества воды водотоков.

Наблюдение и контроль на водоемах проводят по водоему в целом или на отдельных загрязненных участках. При контроле по водоему с учетом геоморфологии береговой линии и других факторов устанавливают не менее трех створов, по возможности равномерно распределенных по акватории.

При контроле на отдельных загрязненных участках водоемов створы устанавливают с учетом условий водообмена водоемов. На водоемах с интенсивным водообменом (>5,0) расположение створов аналогично расположению их на водотоках: один створ устанавливают примерно на 1 км выше источника загрязнения, где нет влияния сточных вод, остальные створы – ниже источника загрязнения (не менее двух, на расстоянии 0,5 км от сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязненности). Границу зоны загрязненности (а это часть водоема или водотока, в которой нарушены нормы качества воды по одному или нескольким показателям) устанавливают по размерам максимальной зоны загрязненности, определенной расчетным путем и уточненной при проведении обследования водоема.

На водоемах с умеренным (0,1–5,0) и замедленным (< 0,1) водообменом один створ устанавливают в неподверженной загрязнению части водоема, другой – совмещают со створом сброса сточных вод; остальные створы проходят параллельно ему по обе стороны (не менее 2, на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязненности). Количество вертикалей в створе на водоеме определяется шириной зоны загрязненности: первую вертикаль располагают на расстоянии не далее 0,5 км от места сброса сточных вод или от берега, последнюю – непосредственно за границей зоны загрязненности.

Количество вертикалей в створе на водотоке определяется условиями смешения речных вод со сточными водами или водами притоков: при неоднородности химического состава в створе устанавливают не менее трех вертикалей (на стрежне и на расстоянии 3–5 м от берегов); при однородности химического состава – одну вертикаль (на стрежне реки).

Количество горизонтов на вертикали определяется глубиной водоема или водотока в месте измерения: при глубине до 5 м устанавливается один горизонт (у поверхности – 0,2–0,3 м от поверхности воды летом и у нижней поверхности льда зимой), при глубине от 5 до 10 м – два (у поверхности и на глубине 0,5 м от дна), а при глубине более 10 м – три (еще и промежуточный, расположенный на половине глубины). На глубоких водоемах устанавливают следующие горизонты: у поверхности, на глубинах 10, 20, 50 и 100 м и у дна (дополнительный горизонт в слое скачка плотности) (табл. 7.1–7.3).

Пункты контроля качества поверхностных вод подразделяют на 4 категории. Категория пункта определяет периодичность контроля качества вод и программу контроля в пункте. Категория пункта устанавливается с учетом следующих основных факторов: народно-хозяйственного значения водного объекта, качества воды, размера и объема водоема, размера и водности водотока и др.

В пунктах I категории контроль по гидрохимическим и гидрологическим показателям проводят ежедневно в первом после выпуска сточных вод створе, ежедекадно и ежемесячно по сокращенной и обязательной программам в основные фазы водного режима.

В пунктах II категории контроль по гидрохимическим и гидрологическим показателям проводят ежедневно (визуальные наблюдения), ежедекадно (по сокращенной программе), ежемесячно (по сокращенной программе) и по обязательной программе в основные фазы водного режима.

В пунктах III категории контроль по гидрохимическим и гидрологическим показателям проводят ежемесячно по сокращенной программе или по обязательной в основные фазы водного режима.

В пунктах IV категории контроль по гидрохимическим и гидрологическим показателям проводят в основные фазы водного режима по обязательной программе (табл. 7.4).

Контроль качества воды по обязательной программе на большинстве водотоков проводят семь раз в году:

– во время половодья – на подъеме, пике и спаде;

– во время летней межени – при наименьшем расходе и при прохождении дождевого паводка;

– осенью – перед ледоставом, во время зимней межени.

Таблица 7.1

Расположение створов в пункте контроля

Тип водного объекта	Характеристика источника загрязнения	Количество створов	Расположение створов
Водоем	Отсутствие организованного сброса сточных вод или равномерная загрязненность водоема	Не менее трех по водоему в целом	По возможности равномерно распространенные по акватории с учетом геоморфологии береговой линии и других факторов
Водоем	Организованный сброс сточных вод	Не менее трех на водоеме с интенсивным водообменом	Выше источника загрязнения примерно на 1 км (вне влияния сточных вод); ниже источника загрязнения: не менее двух на расстоянии 0,5 км от сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязненности
Водоем	Организованный сброс сточных вод	Не менее шести на водоеме с умеренным и замедленным водообменом	В неподверженной загрязнению части водоема; через место сброса сточных вод по обе стороны от сброса сточных вод; не менее двух на расстоянии 0,5 км от места сброса и непосредственно за границей зоны загрязнения
Водоток	Отсутствие организованного сброса сточных вод	Один	С учетом гидрометеорологических и морфометрических особенностей водотока и интересов водопользователей
Водоток	Организованный сброс сточных вод	Не менее двух	Выше источника загрязнения примерно на 1 км (вне влияния сточных вод); ниже источника загрязнения; в створе достаточно полного (не менее 80 %) смешения сточных вод с водой водотока в створе с учетом интересов водопользователей (в зависимости от условий смешения, но не далее 0,5 км от сброса сточных вод на используемых для нужд рыбного хозяйства водотоках)

Таблица 7.2

Расположение вертикалей в пункте контроля

Тип водного объекта	Факторы, определяющие количество вертикалей	Количество вертикалей	Расположение вертикалей
Водоем	Ширина зоны загрязненности водоема	Не менее двух	Первая не далее 0,5 км от места сброса сточных вод; последняя – непосредственно за границей зоны загрязненности
Водоток	Неоднородность химического состава в створе	Не менее трех	На расстоянии 3–5 км от берегов (две), на стрежне водотока
	Однородность химического состава в створе	Один	На стрежне водотока

Таблица 7.3

Расположение водных горизонтов в пункте контроля

Тип водного объекта	Глубина водоема нли водотока в месте измерения, м	Количество водных горизонтов	Расположение водиых горизонтов
Водоем	5	1	У поверхности
	10	2	У поверхности, у дна
	20	3	
	50	4	У поверхноетн, 10, 20 м, у дна
	100	5	У поверхности, 10, 20, 50 м, у дна
	>100	6	У поверхиости, 10, 20, 50, 100 м, у дна
Водоток	5	1	У поверхиости
	5–10	2	У поверхиости, у дна
	10	3	У поверхноети, на половине глубиины, у дна

Примечание. В стратифицированном водоеме назначается дополнительный горизонт, расположенный в слое екачка плотности.

Таблица 7.4

Расположение и категории пунктов контроля системы ОГСНК на водоемах и водотоках

Категория пунктов контроля	Расположение пункта контроля[1]	
	С учетом хозяйственного значения и размера водоема или водотока	С учетом состояния воды водоема или водотока
I[2]	Районы городов с населением 1 млн жителей; места нереста и зимовья особо ценных видов промысловых организмов[3]	Районы повторяющихся аварийных сбросов загрязняющих веществ и заморных явлений водных организмов; районы организованного сброса сточных вод, в результате чего наблюдается высокая загрязненность воды (превышение 100 ПДК по одному или нескольким показателям качества воды)
II	Районы городов с населением от 1 до 0,5 млн жителей, район важного рыбохозяйственного значения (места нереста и зимовья ценных видов промысловых организмов, предплотинные участки рек), при пересечении реками государственной границы РФ	Районы организованного сброса сточных вод, в результате чего наблюдается систематическая средняя загрязненность воды (превышение от 10 до 100 ПДК по одному или нескольким показателям качества воды)
III	Районы городов с населением менее 0,5 млн жителей, замыкающие створы больших и средних рек, устья загрязненных притоков больших рек и водоемов[4]	Районы организованного сброса сточных вод, в результате чего наблюдается низкая систематическая загрязненность воды (превышение от 10 ПДК по одному или нескольким показателям качества воды)
IV	Районы территории государственных заповедников и национальных парков, водоемы и водотоки, являющиеся уникальными природными образованиями	Незагрязненные участки водоемов и водотоков.

Примечания:

[1] Пункты контроля, расположенные в районах сброса сточных вод отдельными крупными промышленными предприятиями, территориально-производ-

ственными комплексами, организованного сброса сточных вод с орошаемых участков и в местах пересечения реками границ республик, относятся к одной из четырех категорий в зависимости от состояния водоема или водотока в пункте.

[2] Пункты I категории располагают на средних и больших водоемах и водотоках (ГОСТ 17.1.1.02-77), имеющих важное хозяйственное значение. При обосновании допускается располагать пункты категории на малых водоемах и водотоках.

[3] В соответствии с ГОСТом 17.1.2.04-77 к группе особо ценных видов промысловых организмов относятся виды, дающие продукцию особой ценности вне зависимости от масштаба и наличия их промысла в данном водном объекте, например лососевые, осетровые; к группе ценных видов – виды, являющиеся важными объектами промысла или организованного любительского лова, например лещ, вобла, судак.

[4] В соответствии с ГОСТом 17.1.1.02-77 к большим рекам относятся реки с площадью водосбора более 50 000 км^2 и расходом воды более 100 м^3/с, к средним – от 2000 до 50 000 км^2 и от 5 до 100 м^3/с, к большим водоемам – водоемы с площадью поверхности от 101 до 1000 км^2 объемом от 1,1 до 10,0 км^3.

В зависимости от особенностей водного режима водотока периодичность контроля может отличаться от обязательной программы:

– на реках с длительным половодьем (больше месяца) число наблюдений увеличивается до 8 в год;

– на водотоках с устойчивой летней меженью, где осенний подъем воды выражен слабо, число наблюдений снижается до 5–6 в год;

– на временных водотоках число наблюдений уменьшается до 3–4 в год;

– на реках с паводочным режимом в течение всего года число наблюдений должно быть не менее 8;

– на горных реках число наблюдений может колебаться в зависимости от типа водотока от 4 до 11.

На водоемах контроль по обязательной программе проводят:

– зимой при наиболее низком уровне и наибольшей толщине ледового покрова;

– в начале весеннего наполнения водоема;

– в период максимального наполнения (при наибольшем уровне);

– в летне-осенний период при наиболее низком уровне.

В пунктах I – III категорий контроль по гидробиологическим показателям рекомендуется проводить ежемесячно по сокращенной программе и ежеквартально по полной. При этом в пунктах III

категории ежемесячный контроль по сокращенной программе проводится только в вегетационный период.

В пунктах IV категории контроль по гидробиологическим показателям рекомендуется проводить по полной программе ежеквартально.

При проведении контроля по гидробиологическим, гидрохимическим и гидрологическим показателям могут встречаться нарушения или невозможности проведения плановых программных работ. Такие случаи оговорены существующими рекомендациями.

Остановимся на программах контроля. Обязательная программа контроля по гидрологическим и гидрохимическим показателям предусматривает определение следующих показателей: расход воды, $м^3/с$; скорость течения, м/с; уровень, м; визуальные наблюдения (температура, °С; цветность, град; прозрачность, см; запах, баллы); концентрация растворенных в воде газов [кислорода, двуокиси углерода, $мг/дм^3$ (мг/л)], концентрация взвешенных веществ, $мг/дм^3$ (мг/л); водородный показатель (pH); окислительно-восстановительный потенциал (Eh), мВ; концентрация главных ионов (хлоридных, сульфатных, гидрокарбонатных, кальция, магния, натрия, калия); сумма ионов, $мг/дм^3$ (мг/л); химическое потребление кислорода, $мг/дм^3$ (мг/л); биохимическое потребление кислорода за 5 сут., $мг/дм^3$ (мг/л); концентрация биогенных элементов (аммонийных, нитритных и нитратных ионов, фосфатов, железа общего, кремния), $мг/дм^3$ (мг/л); концентрация широко распространенных загрязняющих веществ (нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ, летучих фенолов, пестицидов и соединений металлов), $мг/дм^3$ (мг/л).

Предусмотрено три сокращенные программы контроля, которые отличаются объемом работ и количеством определяемых показателей. И то, и другое устанавливается на основании данных о составе сбрасываемых в районе пункта контроля сточных вод и предварительного обследования водного объекта.

По гидробиологическим показателям имеется полная и сокращенная программа контроля. В зависимости от загрязняющих веществ объем работ и количество показателей меняются.

Если необходимы сведения о качестве воды за пределами пунктов контроля, то проводятся специальные экспедиционные

наблюдения. Такие наблюдения проводят при чрезвычайных ситуациях в состоянии водоемов и водотоков, а также для определения или уточнения расположения пунктов и створов контроля и программ работ.

Целью предварительных экспедиционных исследований являются: выявление источников загрязнения, состава и режима сброса сточных вод; определение створа гарантированного смешения природных и сточных вод и зоны загрязнения; определение расположения пунктов контроля, створов, вертикалей и горизонтов в них; выявление загрязняющих веществ, характерных для данного водоема или водотока или его участка; составление программы работ.

Предварительным исследованиям предшествуют сбор, подробное изучение и анализ материалов о водопользователях, водоеме или водотоке, источниках загрязнения и т. д. Полученные материалы анализируются, затем выполняется обследование объекта согласно имеющимся рекомендациям.

Необходимо заметить, что положение пунктов контроля может быть изменено, так же как и программы контроля. Это делается по специальной заявке, которая подается к 1 сентября на рассмотрение (в месячный срок) в соответствующее управление Росгидромета. Заявка должна содержать пояснительную записку, карту-схему участка водоема или водотока, на котором расположен пункт с нанесением источников загрязнения, мест сброса сточных вод, створов пунктов контроля территории населенных пунктов и сведения для обоснования предлагаемого изменения.

Необходимо отметить, что существующая организация мониторинга водных объектов России требует дальнейшего совершенствования. На VI Всероссийском гидрологическом съезде отмечалось [16], что при организации мониторинга должен лежать бассейновый принцип, когда объектом изучения является базовый водный объект, включая его водные экосистемы, берега, дно и донные отложения, взаимосвязанные водотоки, образующие гидрологическую сеть, природно-территориальные комплексы, находящиеся на поверхности водосбора. Необходимо создание единой государственной системы мониторинга водных объектов с автоматизированной системой управления (АСУ), в которую должны

входить регистры и кадастры водных объектов, информационные системы архивации данных.

Осуществление мониторинга должно быть неразрывно связано с охраной водных объектов, сокращением антропогенной нагрузки на водные объекты и восстановлением водных экосистем.

7.3. Природоохранная служба промышленного предприятия

Несмотря на то что в нашей стране действует достаточно эффективная служба наблюдений и контроля за загрязненностью природной среды – ОГСНК, возникла необходимость в создании самостоятельных служб того же назначения непосредственно на крупных промышленных предприятиях. Это дало возможность получить конкретные материалы о воздействии того или иного промышленного объекта на окружающую среду и разработать мероприятия по их снижению.

В созданных природоохранных службах ведущую роль играют специалисты – гидрометеорологии, добивающиеся повышения эффективности работы предприятия при сохранении необходимого качества природной среды.

На основе норм ПДК веществ, сбрасываемых в водоемы или водотоки, разрабатываются нормативы предельно допустимых сбросов (ПДС), при которых, с учетом их разбавления, концентрация загрязнителя в ближайшем пункте водопользования не превышает ПДК. Нормативы ПДС позволяют оценить влияние отдельных предприятий на загрязнение водных объектов и на их основе составить экологические прогнозы качества воды.

При решении природоохранных задач промышленного предприятия необходимо учитывать их разнообразие. В выборе путей решения не последнее слово принадлежит работникам службы охраны окружающей среды. Назовем основные мероприятия, которые могут быть применены при решении экологических задач.

Технологические мероприятия. С экологической точки зрения технологический процесс является источником загрязнения окружающей среды. Поэтому именно на технологические процессы в первую очередь и должно быть направлено внимание при решении природоохранных вопросов. Это внедрение прогрессивных

технологических процессов – безотходных и малоотходных, безводных и маловодных.

Организационные мероприятия направлены на такое размещение источников загрязнения окружающей среды, которое обеспечивает наименьшее воздействие их на окружающую среду. Эти мероприятия дают значительный эффект при решении экологических задач.

Технические мероприятия включают в себя строительство систем очистных сооружений, которые позволяют в относительно короткие сроки обеспечить значительное сокращение сбросов и выбросов.

Мероприятия по утилизации отходов занимают в вопросе охраны окружающей среды особое место, так как вторичное использование отходов промышленности дает немалую прибыль, экономию сырья, снижение себестоимости готовой продукции.

Задачи природоохранной службы заключаются:

– в формировании генетически и экологически обоснованных требований к выпускаемой продукции и контроль за их соблюдением;

– контроль за соблюдением экологических требований к технологическим процессам – это комплекс мероприятий, не допускающих перерасхода энергоресурсов и сырья, при этом обеспечивающих оптимальный режим работы установок и т. д. Отклонение от заданных технологических режимов может влиять на загрязнение окружающей среды;

– организация и контроль за выполнением мероприятий по внедрению малоотходной, маловодной и безвредной технологии, систем повторного и оборотного водоснабжения, а также вторичного использования отходов. Реализация этих задач является основой рационального природопользования, сокращения загрязнения окружающей среды.

Функции природоохранных служб весьма разнообразны, основные из них следующие:

– планирование мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов. Планирование должно быть перспективным и текущим (на год);

– организаторская работа – это прежде всего организация контроля и регулирования качества технологических процессов в со-

ответствии с требованиями охраны окружающей среды, анализ эколого-экономической эффективности выполнения мероприятий. Служба участвует в составлении технических заданий на проектирование новых, реконструкцию и модернизацию действующих объектов, а также осуществляет надзор в ходе строительства;

– контроль за эксплуатацией и качеством ремонта объектов охраны окружающей среды, организация разработки, согласования и утверждения норм ПДВ и ПДС промышленного предприятия;

– массово-разъяснительная работа по вопросам охраны окружающей среды;

– ведение делопроизводства, учета и отчетности по разделу охраны окружающей среды.

Вся деятельность природоохранных служб должна осуществляться в тесном контакте с местными органами и контролирующими организациями.

Наиболее реальная структура природоохранной службы предприятия, основанная на опыте работы ряда крупных предприятий: главному инженеру предприятия подчиняется начальник природоохранной службы, в ведении которого находятся такие секторы, как охрана водоемов, атмосферного воздуха, технологический сектор лабораторного контроля. Структура организации природоохранной службы в производственном, научно-производственном объединениях может иметь дополнительные звенья по подчиненности.

Большую помощь как методическую, так и консультативную экологическим службам промышленных предприятий оказывают органы государственного контроля в области охраны окружающей среды.

В работе природоохранной службы предприятия самое деятельное участие должны принимать специалисты всех подразделений промышленного объекта. Активизировать и скоординировать их действия в этом направлении – одна из целей службы. И тогда работа природоохранной службы будет конкретной и эффективной.

8. ПРОЦЕССЫ САМООЧИЩЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

8.1. Самоочищение водных объектов

Способность водных объектов к самоочищению позволяет восстановить природное качество воды после ее загрязнения. В результате воздействия солнечной радиации, жизнедеятельности растительности, живых организмов и бактерий, биохимических и гидродинамических процессов, происходящих в водной среде, происходит снижение концентрации загрязняющих веществ и возвращение ее в естественное состояние по качественным показателям. Процессы самоочищения наиболее интенсивно происходят в летний сезон и замедляются зимой.

Потенциальные возможности водного объекта к самоочищению определяются его способностями к разбавлению сточных вод, поглощению растворенных веществ (сорбции), оседанию мелких частиц (седиментации) и разложению сложных органических веществ, попадающих в воду. В зависимости от того, какие вещества (консервативные или неконсервативные) и в каком фазовом состоянии (во взвешенном или растворенном) попадают в водный объект со сточными водами, в процессе самоочищения будут преобладать гидрохимические, химические или биологические процессы. Консервативные растворенные вещества не поддаются никаким процессам превращения. Их концентрация снижается только при разбавлении (гидродинамический процесс).

При наличии в сточных водах взвешенных веществ основную роль в процессе самоочищения водных масс будут играть процессы осаждения взвеси на дно (физические и гидродинамические процессы). Самоочищение воды от неконсервативных растворенных веществ происходит в результате как разбавления, так и взаимодействия с другими компонентами, содержащимися в воде (гидродинамические, химические и биологические процессы).

Самоочищающая способность воды (в процентах) на участке водного объекта может быть определена по уравнению:

$$S = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \cdot 100, \qquad (8.1)$$

где S – процент очистки; S_1 – концентрация вещества в верхнем (начальном) створе участка, мг/дм^3; S_2 – концентрация вещества в нижнем (конечном) створе через определенное время, мг/дм^3.

Участки для определения самоочищающей способности водного объекта выбираются с учетом характера сбросов, их химического состава и режима сбросов сточных вод, концентрации загрязняющих веществ, протяженности зоны загрязнения. Наблюдения производятся на нескольких створах. Первый створ назначается выше источника загрязнения (фоновый створ).

Для расчета допустимой нагрузки на водотоки и водоемы загрязненными стоками, для прогноза состава и свойств водных масс с учетом самоочищения необходима количественная характеристика роли каждого процесса в превращении растворенных и взвешенных веществ органического и неорганического происхождения. При исследовании процессов загрязнения и самоочищения выделяют следующие основные направления:

– изучение процессов смешения и разбавления сточных вод в водотоках и водоемах с учетом изменчивости гидрологических и гидродинамических факторов;

– установление зависимости изменения качества воды от гидрологического режима и расчетных характеристик стока;

– изучение химических и физико-химических превращений загрязняющих веществ в водных объектах;

– исследование биохимических процессов трансформации загрязняющих веществ.

Два первых направления совместно с разработкой методов расчета разбавления сточных вод и методов расчета осаждения взвешенных загрязняющих веществ можно назвать гидрологическими аспектами проблемы самоочищения.

Наряду с гидрологическими факторами важная роль в процессе самоочищения принадлежит физико-химическим и биохимическим процессам. Химические процессы в природных водах тесно связаны с биологическими и часто трудно сказать, где кончается

один процесс и начинается другой. Решающую роль в этом комплексе играют биологические процессы, однако физико-химические процессы будут доминирующими, когда в воде присутствуют высокотоксичные загрязняющие вещества или созданы неблагоприятные условия для жизнедеятельности животных и растительных организмов, при которых биологические процессы сводятся до минимума.

8.2. Разбавление сточных вод

Расчет разбавления сточных вод в реке или водоеме может быть использован для оценки всего комплекса явлений, определяющих самоочищение, при введении численных характеристик физико-химических и биохимических процессов. В основном применяются методы расчета разбавления, базирующиеся на использовании численных решений уравнений турбулентной диффузии. Они позволяют получить значение максимальной концентрации загрязняющего вещества ($S_{макс}$) на любом расстоянии от места выпуска сточных вод. Оценка качества воды в створе (или точке) водного объекта выполняется путем сопоставления максимальной концентрации загрязняющего вещества, с предельно допустимой концентрацией этого вещества (ПДК).

Максимальная концентрация загрязняющего вещества ниже выпуска сточных вод изменяется в пределах $S_{ст} \geq S_{макс} \geq S_{п}$, где $S_{ст}$ – концентрация в сбрасываемой воде, $S_{п}$ – средняя концентрация того же вещества в потоке, определяемая из уравнения баланса вещества:

$$S_{п} = \frac{Q_{р} S_{р} + Q_{ст} S_{ст}}{Q_{р} + Q_{ст}}, \qquad (8.2)$$

где $Q_{р}$ – расход воды в реке, м^3/с; $Q_{ст}$ – расход сточных вод, м^3/с; $S_{р}$ – концентрация рассматриваемого вещества в воде реки, мг/л или г/м^3.

На практике пользуются приведенными значениями концентрации загрязняющих веществ ($S_{пр}$), определяемую как разность между действительной концентрацией загрязняющего вещества в зоне загрязнения ($S_{п}$) и $S_{р}$, т.е.

$$S_{пр} = S - S_р \text{, а } S_{ст.пр} = S_{ст} - S_р . \quad (8.3)$$

Для удобства расчета вычисления ведутся в относительных величинах концентрации, например в процентах от $S_{ст.пр}$, полагая $S_{ст.пр}$ = 100 %. Истинные значения концентрации загрязняющего вещества в любой точке расчетного поля получают путем перехода от относительных величин к абсолютным и последующего суммирования расчетной и фоновой концентраций.

Наиболее практически значимой характеристикой, особенно с точки зрения охраны водного объекта, является характеристика кратности разбавления сточных вод (n), показывающая, во сколько раз снизилась концентрация загрязняющего вещества на рассматриваемом участке водного объекта. Значение n определяется по зависимостям $n = (S_{ст} - S_р) / (S_{макс} - S_р)$ или при $S_р = 0$ $n = S_{ст} / S_{макс}$.

Если сточные воды распространяются в расчетном створе не по всей ширине реки, то рассчитывается коэффициент смешения (γ), показывающий, какая часть расхода реки смешивается со сточными водами:

$$\gamma = (n-1)Q_{ст} / Q_р . \quad (8.4)$$

Тогда кратность разбавления определяется по формуле:

$$n = (Q_{ст} + \gamma Q_р) / Q_{ст} . \quad (8.5)$$

В процессе разбавления сточных вод снижение концентрации загрязняющих веществ происходит и в результате биохимических и физико-химических процессов, протекающих в водных объектах. Одним из способов количественной оценки снижения концентрации за счет этих процессов является использование коэффициентов неконсервативности, суммарно учитывающих скорости превращения веществ. Значения этих коэффициентов определяют по данным лабораторных и натуральных исследований. При распаде загрязняющих веществ их значения будут отрицательными.

9. ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

«Сброс в водные объекты и захоронение в них отходов производства и потребления ... запрещаются».
«Водный кодекс РФ», ст. 56

Техническая политика в вопросе охраны вод должна сочетать в себе рациональное использование водных ресурсов с максимальным снижением загрязнения водных источников, что обеспечит снабжение потребителей водой в нужном количестве и требуемого качества. Инженерные методы охраны вод включают в себя не только разработку методов очистки сточных вод, но и совершенствование технологии производства, позволяющей сократить или полностью исключить поступление загрязнений в водные объекты. Такие мероприятия, как создание технологических схем, полностью исключающих сброс сточных вод в водоемы, внедрение замкнутого или оборотного водоснабжения, утилизация отходов производства, замена водяного охлаждения воздушным, передача отработанных вод на другие предприятия, предъявляющие более «мягкие» требования к качеству воды, могут играть существенную роль в предотвращении загрязнения водоемов.

Очистка сточных вод является вынужденным мероприятием, обусловленным тем, что в настоящее время еще недостаточно эффективны многие (водные) технологические процессы на промышленных предприятиях. Сегодня очистка сточных вод и их разбавление рассматриваются как основные способы охраны вод от загрязнения.

Проблема очистки сточных вод предприятий и населенных пунктов перед их сбросом в водоем является весьма сложной в связи с большим разнообразием загрязняющих веществ, появлением в их составе новых соединений, постоянным усложнением их состава. Однако при всем многообразии сточные воды можно раз-

делить на промышленные и хозяйственно-бытовые, отличающиеся друг от друга по своим свойствам и составу.

Методы очистки сточных вод, применяемые в настоящее время в нашей стране и за рубежом, можно разделить на две основные группы: в искусственных условиях (на специально созданных сооружениях, установках) и в естественных условиях (на земледельческих полях орошения, полях фильтрации, биологических прудах и др.). Выбор метода очистки определяется составом и концентрацией загрязняющих веществ в сточных водах и требованием к качеству воды в водоеме.

Очистка сточных вод в искусственных условиях. Методы очистки сточных вод в искусственных условиях многообразны, но они могут быть подразделены на четыре основных вида: механическую, химическую, физико-химическую и биохимическую очистки.

Механическая очистка применяется для извлечения из сточных вод промышленности грубодисперсной нерастворимой примеси органических и неорганических веществ путем их отстаивания, процеживания, фильтрации, центрифугирования. Для механической очистки используются различные конструктивные модификации сит, решеток, песколовок, отстойников, центрифуг и гидроциклонов. Решетки и сита выполняют обычно роль защитных сооружений, препятствующих попаданию крупных отходов производства в дальнейшие очистные сооружения. Песколовки и отстойники применяются для выделения из производственных сточных вод окалины, шлака, песка и т. д. Наряду с минеральными примесями в песколовках и отстойниках задерживаются вещества и органического происхождения, гидравлическая крупность которых близка к гидравлической крупности песка. Эти сооружения основаны на принципе осаждения взвешенных частиц, содержащихся в сточных водах, при изменении кинематических условий потока. По конструктивным особенностям различают горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники.

Для очистки сточных вод от механических примесей применяются также гидроциклоны, в которых выделение взвеси из стоков происходит под действием центробежных сил, возникающих при вращательном движении жидкости. Так как центробежные силы в сотни и более раз могут превосходить силы тяжести, то

пропорционально увеличивается и скорость осаждения частиц. Это приводит к тому, что объем и площадь, занимаемая гидроциклоном, в десятки и сотни раз меньше отстойников той же производительности. По данным института ВОДГЕО, применение гидроциклонов во много раз уменьшает затраты на строительство очистных сооружений.

Механической очисткой можно достигнуть выделения из бытовых сточных вод до 60 % нерастворенных примесей и снижения БПК до 20 %. Из производственных сточных вод удаляется до 95 % нерастворенных веществ.

Химическая и физико-химическая очистки применяются для извлечения из сточных вод тонкодисперсной и растворенной примеси неорганических и трудноокисляемых биохимическими методами органических веществ путем их выделения, осаждения и разрушения с помощью химических соединений, путем комбинации методов физического и химического воздействия. К физико-химическим относятся следующие методы:

сорбция – способность некоторых веществ поглощать или концентрировать на своей поверхности загрязняющие вещества, находящиеся в сточных водах;

экстракция – введение в сточные воды вещества, не смешивающегося с ними, но способного растворять находящиеся в них загрязняющие вещества;

флотация – процесс очистки, заключающийся в пропуске через сточную воду воздуха, пузырьки которого при движении вверх захватывают вещества загрязнения;

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

электрохимический метод – электрохимическое окисление вещества загрязнения на аноде при электролизе сточных вод;

кристаллизация – выделение из сточных вод кристаллов загрязняющего вещества, образующихся при естественном или искусственном ускорении испарения жидкости;

аэрация – очистка сточных вод путем окисления загрязнений кислородом воздуха и переводом растворенных летучих веществ в газовую фазу (десорбция);

пламенное сжигание сточных вод – при наличии в них особо вредных веществ и невозможности очистить их существующими методами.

Биохимическая очистка применяется обычно после того, как из сточных вод извлечены грубодисперсные примеси. Биохимический метод очистки основан на способности некоторых видов микроорганизмов использовать для питания находящиеся в сточных водах органические вещества (органические кислоты, белки, углеводы и т. д.), которые являются для них источником углерода. Различают две стадии процесса очистки, протекающие с различной скоростью: адсорбцию из сточных вод тонкодисперсной и растворенной примеси органических и неорганических веществ поверхностью тела микроорганизмов, а затем разрушение адсорбированных веществ внутри клетки микроорганизмов при протекающих в ней химических процессах.

Процесс биохимической очистки может происходить как в искусственных условиях (в биологических фильтрах и аэротенках), так и в естественных условиях (на полях орошения, полях фильтрации, биологических прудах и т. д.).

Биохимическая очистка в искусственных условиях осуществляется в аэротенках-смесителях, аэротенках с рассредоточенным выпуском сточных вод, на биофильтрах с естественной и искусственной подачей воздуха и т. д.

Аэротенк представляет собой резервуар, наполненный активным илом (активный ил – коллоидная масса минерального и органического состава, богатая микроорганизмами). При прохождении сточной жидкости через аэротенк микроорганизмы извлекают из ее состава необходимые для их питания органические и минеральные вещества: азот – из аммиака, нитратов; аминокислота, фосфор и калий – из минеральных солей этих веществ. Для нормальной работы аэротенка активный ил подвергается периодической регенерации.

Биофильтр представляет собой сооружение, выложенное мелким сыпучим материалом, на котором перед пуском сточных вод создается активная биологическая пленка, состоящая не только из микроорганизмов, но и из водорослей, личинок насекомых и т. д., которые образуют сложный биоценоз, участвующий в процессе очистки.

Существующие методы очистки сточных вод делятся на две группы: регенеративные – позволяющие извлечь и утилизировать ценные вещества, входящие в состав сточных вод (физико-химическая очистка), и деструктивные – предусматривающие разрушение загрязнений сточных вод и переход их в безвредные для водоема соединения (химическая и биохимическая очистки).

Очистка сточных вод в естественных условиях. В естественных условиях биохимическая очистка осуществляется (как было указано выше) на земледельческих полях орошения (ЗПО), полях фильтрации, на участках подпочвенного орошения в биологических прудах и окислительных каналах. Во всех случаях процесс очистки, обезвреживания протекает в почве или воде с участием естественных процессов. Основное значение имеет почвенная биологическая очистка, которая заключается в постепенном разложении органического вещества сточных вод до простейших минеральных соединений под действием почвенных микроорганизмов. Микроорганизмы сточной жидкости адсорбируются верхним слоем почвы и значительно увеличивают ее микробиальную насыщенность. При этом одни из них погибают под действием антагонистов, а другие находят в почве благоприятные условия, интенсивно размножаются и сами участвуют в самоочищении почвы от внесенных в нее со сточными водами органических соединений. Почва является своего рода естественной лабораторией, где активно протекают сложные биохимические процессы, приводящие к минерализации органических веществ, содержащихся в сточных водах, и к их обеззараживанию – к практически полному освобождению от патогенной микрофлоры. Особенно важным является то, что почвенные способы очистки полностью исключают непосредственное поступление сточных вод в поверхностные водоемы, т. е. наилучшим образом защищают их от загрязнения.

Земледельческие поля орошения представляют собой специальные площади, на которых происходит очистка сточных вод, совмещенная с возделыванием различных сельскохозяйственных культур. При отсутствии последних эти площади называются полями фильтрации. Почвенным методам очистки сточных вод в последнее время уделяется большое внимание, что объясняется возможностью совместного решения задачи охраны вод от загрязне-

ния и интенсификации сельскохозяйственного производства. Кроме того, глубина очистки коммунальных сточных вод значительно выше при почвенных методах очистки.

Для обоснования использования почвенных методов очистки сточных вод необходимо знать почвенно-климатические условия территории, т. е. тип грунтов, рельеф местности, уровень стояния грунтовых вод, среднегодовое количество осадков, продолжительность вегетационного периода и т. п.

10. ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ИСТОЩЕНИЯ

«При эксплуатации водохозяйственной системы запрещается: ... производить забор (изъятие) водных ресурсов из водного объекта в объеме, оказывающем негативное воздействие на водный объект».

«Водный кодекс РФ», ст. 60

Интенсивное использование водотоков, водоемов и подземных вод как источников водозабора может привести к истощению водных ресурсов поверхностных и подземных вод региона даже в зоне достаточного увлажнения. Истощение водных запасов может произойти не только в бассейнах малых, но и средних рек и таких же озер. Существенное падение уровней воды и уменьшение расходов в результате изъятия вод приводит к нарушению экологического равновесия и условий водопользования. Прежде всего истощение вод может наблюдаться в период минимального стока и быть столь существенным, что коренным образом изменит водный режим в меженный период. Резкое уменьшение стока, а тем более его прекращение в меженный период, произошедшее в результате вмешательства человека и неучтенное ранее, может создать аварийное положение, например, на теплоэлектростанции, поскольку для обеспечения ее работы требуется бесперебойная подача необходимого количества воды.

Значительное уменьшение речного стока, особенно в меженный период, который может длиться несколько месяцев, может происходить в особо маловодный год или в результате строительства или работы водозаборов для промышленных нужд, на орошение или переброску стока.

Влияние промышленных и коммунально-бытовых водозаборов на речной сток в наибольшей мере сказывается в районе больших городов. На отдельных участках реки оно может быть очень

велико. Длительная и интенсивная эксплуатация речных и подземных вод приводит к созданию депрессионной воронки и прекращению питания реки подземными водами в зоне ее действия. Превышение водозабора над пополнением подземных вод приводит к образованию депрессионных воронок, занимающих на поверхности земли площадь от нескольких квадратных километров до 10–20 тыс. км^2 и более.

Питание рек подземными водами (равно как и озер), которое является основным в меженный период, зависит от положения уровня грунтовых вод по отношению к уровню воды в русле реки (или озера). Если уровень грунтовых вод ниже уровня в русле реки, то начинается фильтрация речных (озерных) вод в берега, а при падении уровня ниже тальвега реки происходит отток воды из реки. Чем ниже опускается горизонт подземных вод, тем интенсивнее происходит фильтрация из реки и тем больше участок реки, на котором происходят потери стока.

Наиболее интенсивно указанные процессы развиваются в районах, где водопонизительные работы осуществляются горнорудными предприятиями с целью разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Созданию депрессионных воронок способствует урбанизация территорий. Территория городов имеет твердое покрытие (асфальтированные улицы, крыши зданий), производится уборка и вывоз снега, что ведет к резкому уменьшению инфильтрации осадков в почво-грунты и падению уровня подземных вод.

Влияние орошения на истощение водных объектов носит сезонный характер и проявляется в основном в период вегетационного развития растений, который совпадает с летним меженным периодом на реках. При этом чем раньше начинается межень и чем она длиннее, тем большее влияние на сток оказывает забор воды для орошения. Это влияние повышается при систематическом орошении. В случае интенсивного испарения, когда вся забираемая на орошение вода тратиться на растения и испарение, влияние орошения становиться наибольшим и может обусловить прекращение стока на малых и части средних рек, что и происходит летом на многих реках засушливых территорий. Крайним случаем этого влияния является полный разбор речных вод больших водо-

токов (реки Сырьдарья, Амударья, Терек и др.) для удовлетворения сельскохозяйственных нужд.

Наиболее сильное уменьшение меженного стока рек под воздействием орошения происходит в маловодные годы. При этом его влияние возрастает по территории, поскольку наряду с систематическим орошением начинает действовать и периодическое орошение.

Аналогичная картина наблюдается при рассмотрении влияния забора воды на орошение из озер. Степень влияния в еще большей мере будет зависеть от соотношения объема озерной воды и водозабора.

Орошение значительных территорий, вызывая снижение меженного стока в первой половине лета, обычно обусловливает его возрастание в конце лета, осенью и даже зимой, когда сначала сокращается, а потом и прекращается забор воды на орошение и начинается приток накопившихся подземных возвратных вод в речную сеть.

Оценка влияния орошаемого земледелия на меженный сток должна осуществляться с учетом местных физико-географических особенностей территории, характера орошения, а также норм и сроков полива. Расчетным значением естественного стока обычно является минимальный 30-суточный расход воды 75–80 %-ной обеспеченности за летний меженный период.

Особый режим истощения рек и водоемов наблюдается при наличии в руслах и на водосборах прудов и водохранилищ. Непроточные пруды перехватывают весь меженный сток. Они имеются обычно на малых реках, а также в верховьях речного бассейна на логах и балках в зоне недостаточного увлажнения. Проточные пруды пропускают часть стока, однако в меженный период могут задерживать весь сток. Использование прудов и небольших водохранилищ для орошения обусловливает наибольшие безвозвратные потери стока и, следовательно, его максимальное снижение в вегетационный период. Меньшие потери воды происходят при наличии прудов, созданных для рыбоводства и птицеводства, если они являются проточными, поскольку основные потери воды происходят за счет испарения летом и ледообразования зимой.

При определении возможного забора воды из реки или озера необходимо знать, в каком состоянии он находится – в естественном или нарушенном состоянии он находится, особенно в межен-

ный период, т.е. количественно оценить степень влияния хозяйственной деятельности на водосборе и в русле реки.

Для определения степени влияния на сток того или иного хозяйственного фактора или их комплекса необходимо иметь достаточно надежные данные о природном стоке рек рассматриваемого района с учетом его циклических колебаний. Последние позволяют установить характер водности в имеющийся период наблюдений за стоком.

Количественно оценить влияние хозяйственной деятельности на речной сток можно путем сравнения стока за естественный и нарушенный периоды или балансовым методом. В первом случае производится исследование многолетних колебаний стока в рассматриваемом створе реки, происходящих под влиянием природных факторов, и на их фоне осуществляется оценка размеров наблюдающихся изменений стока под влиянием хозяйственной деятельности в ее бассейне. Способ сравнения позволяет определить результирующее влияние хозяйственной деятельности, ее направление и размер непосредственно на данном водосборе реки или в отдельных регионах. При этом необходимо иметь пункты с длительным периодом наблюдения за стоком в естественных и нарушенных условиях.

При балансовом методе исследований изучаются водный, тепловой и, при необходимости, солевой баланс участков водосборов, на которых производится орошение и другие виды хозяйственной деятельности, а также участки русел рек, находящихся в зоне влияния депрессионной воронки, водозаборов и пр. Балансовый метод позволяет установить индивидуальное влияние конкретного фактора хозяйственной деятельности на речной сток, вскрыть физическую сущность этого процесса и определить его влияние в будущем. Несложно произвести оценку руслового водного баланса с учетом влияния водозаборов и сбросов на сток реки. Однако использование балансового метода требует производства специальных трудоемких полевых исследований.

Наиболее простым является метод восстановления естественного стока реки, находящейся в нарушенных условиях, по связи с рекой-аналогом, имеющей естественный сток. Сопоставляемые реки должны иметь длительный период одновременных наблюде-

ний за стоком в нарушенных и ненарушенных условиях. Определение влияния водозаборов происходит с помощью графика связи интегральных значений стока реки с нарушенным режимом и реки-аналога. Период нарушений выделяется на графике как зона однозначного отклонения эмпирических точек от общего прямолинейного направления линии связи. Наибольшие отклонения происходят в меженный период.

Использование интегральных кривых для оценки нарушений стока рек в результате хозяйственной деятельности позволяет определить размеры общих нарушений, но не влияние каждого из антропогенных факторов. Поэтому этот способ целесообразно применять при явно выраженном одном виде влияния.

Наиболее детально изменение речного стока по длине реки, происходящее в результате забора воды, может быть определено при составлении руслового водного баланса. В целях наибольшего сбора информации необходимо осуществить комплекс полевых работ, включающий сбор сведений об объеме хозяйственного использования речных вод и проведение гидрометрических съемок на исследуемых участках рек.

При планировании водозабора из реки (или озера) необходимо определить минимально допустимый расход воды (или объем воды), который должен там остаться. Определение минимального допустимого расхода воды, оставляемого в реке при ее хозяйственном использовании, является комплексной проблемой.

В результате большого водозабора может происходить изменение биологических и гидрохимических показателей воды, ухудшающих условия существования водной и околоводной флоры и фауны, увеличение концентрации примесей (усиливается процесс загрязнения реки), может развиться процесс заиления и зарастания (вследствие уменьшения скорости течения воды), могут ухудшиться условия энергетического использования реки, а также условия судоходства, могут возникнуть проблемы водоснабжения на ниже расположенных водозаборах.

Оставляемый расход воды должен удовлетворять ряду требований. Необходимо обеспечить сохранение условий жизнедеятельности гидробионтов, удовлетворить потребности в воде ниже расположенных по реке водопользователей, не ухудшить качество

воды в результате водозабора. Этот остаточный объем воды в работах [5, 7, 20, 21] называется экологическим стоком. В трактовке других исследователей он именуется природоохранным или базисным стоком.

При расчете минимально допустимого расхода воды, оставляемого в водотоке, необходимо учитывать водный режим в меженный период и минимальный сток. В период продолжительной и устойчивой межени создаются самые неблагоприятные условия для заборов воды из реки. Поэтому расчет минимального допустимого расхода воды в реке должен производиться с учетом минимального 30-суточного расхода воды и длительности меженного периода.

Обычно для сохранения природного состояния рек достаточно оставлять в них сток (не нарушая качества воды), соответствующий величине подземного питания, т.е. близкий к естественному меженному стоку. Однако большая продолжительность меженных периодов (2–3 месяца летом и 5–6 месяцев зимой), особенно в маловодные годы, обостряет проблемы водозаборов. Поэтому наибольшее значение имеет анализ естественного состояния рек в самые маловодные годы при наименьших значениях стока в меженный период. Если в таких условиях в реке сохраняется экологическое благополучие, то это значение меженного (или минимального) стока может быть принято как минимально допустимое или как исходное для расчетов.

Расчетный экологический расход воды определяется по кривой обеспеченности минимального 30-суточного стока. Единого мнения о назначении обеспеченности нет. Имеются предложения назначать такой расход в диапазоне обеспеченностей от 75 до 95 %, учитывая комплекс факторов, отражающих хозяйственное значение реки, ее биохимический и гидрохимический режим, способность к самоочищению, вид загрязнений, объем забираемых и сбрасываемых вод и другие условия, влияющие на количество и качество воды реки.

Ф.А. Иманов (1994 г.) предложил использовать для оценки экологического стока рек, находящихся под влиянием хозяйственной деятельности, следующую схему его определения:

– для расчетов используются среднемесячные расходы воды за каждый год за весь период наблюдений;

– выделяют два периода – с естественным и нарушенным режимом речного стока;

– за естественный период определяют значение экологического стока;

– полученное значение экологического стока сопоставляется со среднемесячным расходом за период нарушенного стока и если оно больше, то состояние реки считается неудовлетворительным;

– возможный водозабор из реки определяют по разности значений наблюденного и экологического стока.

Значение экологического стока, оставляемого в водном объекте, необходимо уточнить, если имеется сброс сточных вод. Это можно сделать путем сопоставления соответствующих показателей качества воды с ПДК при значениях расходов воды, соответствующих экологическому стоку.

11. ВОДООХРАННЫЕ ЗОНЫ

«Водоохранными зонами являются территории, ... на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности ...»
«Водный кодекс РФ», ст. 65

Водоохранные зоны для водных объектов должны существовать в местах любой хозяйственной деятельности, которая может повлиять на экологическое состояние водного объекта (распашка полей, лесозаготовки, строительство и пр.).

Водоохранная зона – это участок земли, примыкающий к водному объекту и включающий прибрежную защитную полосу. Назначение водоохранных зон – защита рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ, прудов, а также болот от загрязнения, засорения, заиления и истощения. Поэтому в этих зонах устанавливается специальный режим хозяйственной деятельности, а особо строгие требования предъявляются к использованию прибрежных защитных полос, непосредственно примыкающих к урезу воды. Именно последний принимается за линию отсчета ширины водоохранной зоны в целом и защитной полосы в частности. К сожалению, понятие «урез воды» в «Водном кодексе РФ» отсутствует и заменено понятием «береговая линия», которое не отличается четкостью по сравнению с «урезом». В водном кодексе ширина водоохранной зоны назначается в зависимости от длины водотока, а отсчет ведется от границы среднемноголетнего уровня воды в период, когда объект не покрыт льдом. Эта характеристика очень опосредовано связана с качеством воды, которое прежде всего зависит от ее количества и способности к самоочищению, определяемых гидрологическими, гидродинамическими и биогидрохимическими условиями в водотоках (а также в водоемах) и в их бассейнах.

Ширина водоохранной зоны рек и ручьев в соответствии со ст. 65 «Водного кодекса РФ» устанавливается вдоль реки от исто-

ка: для ручьев и малых рек протяженностью до 10 км в размере 50 м, при этом водоохранная зона полностью совпадает с прибрежной защитной полосой, а радиус водоохранной зоны для истока принимается таким же. При длине рек от 10 до 50 км ширина водоохранной зоны составляет 100 м, а при протяженности реки 50 км и больше – до 200 м.

Ширина водоохранной зоны озера или водохранилища независимо от его размера (кроме озера Байкал и очень малых озер и водохранилищ) устанавливается равной 50 м.

Ширина прибрежной защитной полосы зависит не от длины водотока или водоема, а от уклона берега и составляет 30 м при его отсутствии или отрицательной величины (обратный уклон), увеличиваясь до 40 м при уклоне до 3° и до 50 м при большем уклоне. Также 50 м ширины имеют защитные полосы проточных и сточных озер, расположенных в границах болот. Существенно увеличивается ширина полосы озера или водохранилища, если оно имеет особо ценное рыбохозяйственное значение. В этом случае ее ширина должна составлять 200 м.

В границах водоохранных зон запрещается движение и стоянка транспорта (кроме специальных мест или участков дорог, проходящих через зону), использование сточных вод для удобрения, захоронение любых ядовитых, отравляющих и прочих вредных веществ и предметов, применение авиационных средств борьбы с вредителями.

В дополнение к этому в прибрежных защитных полосах запрещается распашка земель, выпас животных и организация летних лагерей для них, размещение отвалов грунтов, которые могут размываться водой.

Границы водоохранных зон и прибрежных защитных полос могут быть обозначены на местности специальными информационными знаками.

Формально регламентируемая ширина водоохранной зоны не учитывает многих факторов и прежде всего условий стекания поверхностных вод в прибрежных зонах водных объектов (их морфологию и морфометрию).

При снеготаянии или выпадении дождей ширина зоны может быть недостаточной, чтобы перехватить или существенно снизить приток загрязненных поверхностных вод в реку или озеро.

Особенно большое значение водоохранные зоны имеют для малых рек и озер, поскольку запасы воды в них невелики, скорости течения небольшие (для равнинных рек), самоочищающая способность мала и поэтому их легко загрязнить, засорить, заилить или истощить.

Привязка ширины водоохранной зоны лишь к длине реки (как и к площади озера) является весьма формальным приемом.

Это связано, очевидно, с желанием максимально облегчить практику назначения водоохранных зон.

Однако принятая практика назначать ширину зоны (например, при длине реки до 9 км будет 50 м, а при длине 10 км будет сразу 100 м) показывает, во-первых, наличие резкого скачка в ширине при смене градаций длин, во-вторых – отсутствие научно обоснованных критериев проектирования ширины водоохранных зон и защитных полос, поскольку не учитываются основные факторы, влияющие на формирование и сток поверхностных вод.

Ширина водоохранной зоны и прибрежной полосы должна зависеть не только от типа и вида водного объекта, но и от фазы водного режима, характера поверхности проектируемой зоны, уклонов местности, типа речной долины или береговой области озера. Следует учитывать существующее природное качество речных или озерных вод и характер хозяйственного использования ближайших к водным объектам территорий.

Природное качество воды непостоянно во времени и зависит от фаз водного режима гидрологических объектов. Наибольшую величину концентрации солей речные воды имеют в меженный период, когда количество воды в русле наименьшее и она формируется подземными водами, имеющими значительно большую, чем поверхностные, концентрацию естественных солей. На большей части территории России наименьшие расходы воды в реках, как и уровни в озерах, наблюдаются в зимнюю межень. Лишь в южных районах (лесостепная и степная зоны) летняя межень более маловодная, чем зимняя.

В многоводные фазы стока (половодье, паводки) в водотоки и водоемы в наибольшем количестве могут попадать органические вещества, смываемые с поверхности водосборов, особенно в прибрежных зонах. В эти же фазы стока в реках наблюдаются наи-

большие скорости течения и большая турбулентность, что способствует перемешиванию вод. Подобное же происходит в водоемах, особенно проточных. Чем лучше перемешивание вод, тем интенсивнее происходит разбавление сточных вод и самоочищение водных объектов. Наиболее слабое перемешивание вод наблюдается на малых равнинных реках и непроточных водоемах.

Малые реки и водоемы легко прогреваются в летний сезон, что в особо жаркие годы способствует ухудшению качества воды (зарастание рек, цветение водоемов). В зимний период такие водные объекты имеют наибольшую толщину льда, вплоть до промерзания.

Уменьшение количества чистой воды в водотоках и водоемах ведет к снижению их самоочищающей способности. Потеря этой способности наступает в случае невозможности разбавления поступающих загрязненных вод в должной мере (5–10-кратное превышение чистых вод над количеством загрязненных) и подавление жизнедеятельности перерабатывающих эти загрязнения микроорганизмов и растительности. Наиболее опасными, с этих позиций, являются меженные периоды в летний и зимний сезоны в годы с небольшой водностью. Соответствующие этим периодам расходы воды на кривой обеспеченности располагаются в ее средней и нижней частях (при обеспеченности более 40–50 %). В этот период питание рек осуществляется лишь за счет глубоких подземных вод, в то время как в многоводные годы (верхняя часть этой же кривой обеспеченности) в питании рек в меженный период могут участвовать почвенно-грунтовые и даже поверхностные воды (при небольших паводках).

В многоводную фазу стекание вод, образующихся на водосборе, происходит в основном в поверхностно-почвенном слое с образованием мелкоручейковой сети. Это, естественно, способствует смыву поверхностных загрязнений в речную сеть и водоемы.

Скорость стекания вод по поверхности зависит от уклона, шероховатости и впитывающей способности (инфильтрации) почв. Малые уклоны, большая шероховатость (особенно сочетание травы, кустарника и деревьев на пойме и террасах) и пористость почв способствуют медленному стеканию поверхностных вод и уменьшению их количества за счет инфильтрации и испарения в теплый

период. Наименьшая шероховатость характерна для ровных чистых участков с низкотравьем. В целом коэффициенты шероховатости (по И.Ф. Карасеву) могут изменяться от 0,025 до 0,10–0,20, т.е. в 10 раз.

Уклоны и характер поверхности прибрежных территорий в большой мере зависят от типа речной долины, характеризуемой поперечным профилем. Реки равнинных территорий обычно имеют один из трех типов долин. Наиболее распространены долины ящикообразной и трапецеидальной форм.

Для рек, протекающих по плоской равнинной территории, к тому же еще и заболоченной (например, Западная Сибирь), свойственны неясно выраженные в поперечном профиле долины.

Наибольшее изменение уклонов происходит в долинах ящикообразной формы, где имеются относительно горизонтальные террасы и довольно крутые склоны. В зависимости от высоты террас ширина разлива рек (или одной и той же реки) может значительно варьировать, но все же будет меньше (при одинаковой мощности рек) при трапецеидальной форме. При неясно выраженной долине в период высокого половодья может происходить слияние соседних рек.

Характер береговых склонов (сухие и затопляемые) равнинных озер зависит от типа озера. Высокие и крутые берега обычно имеются у озер, образованных древними моренами, низкие и пологие – у пойменных озер в степных, а также заболоченных районах.

Таким образом, при проектировании водоохранных зон и прибрежных защитных полос необходимо учитывать прежде всего расход водотока в маловодную фазу стока или уровень водоема, их самоочищающую способность (характерное природное состояние водного объекта) в эту фазу, почво-грунты прилегающих к объектам территорий и их мощность, характер растительности, уклоны местности, наличие микро- и макропонижений (от луж до стариц), степень хозяйственного освоения территорий, примыкающих к водным объектам, особенно водоохранную зону.

Относительная ширина зоны (относительно размеров водного объекта) должна увеличиваться при снижении самоочищающей способности водотока или водоема и улучшении условий стекания по-

верхностных вод с прибрежных территорий (слабо заросшая территория, глинистые породы, большие уклоны, наличие оврагов и т.п.).

В соответствии с «Водным кодексом РФ» границей отсчета водоохранной зоны является береговая линия водотока или водоема, которая определяется по среднемноголетнему уровню воды в период, когда они не покрыты льдом (ст. 5). Однако методика расчета этого уровня в гидрологической практике отсутствует. Более того, разнообразный водный режим на реках России, связанный с разным климатом на очень обширной территории, затрудняет разработку унифицированной методики расчета этого уровня.

Период, когда реки не покрыты льдом (период открытого русла), включает половодье, паводки и летне-осеннюю межень, т.е. совершенно генетически разнородный сток рек, что затрудняет использование вероятностно-статистических методов его расчета. К этому добавляется наличие достаточно обширных районов с ежегодно пересыхающими водотоками.

За линию отсчета ширины водоохранной зоны целесообразно принимать на водотоках урез воды, соответствующий минимальному летнему 30-суточному расходу воды 3 %-ной обеспеченности, как генетически однородный сток за длительный период года. Назначение такой обеспеченности обусловлено тем, что при минимальных средних (50 %-ной обеспеченности) расходах воды русло реки нередко обнажается на существенную ширину, поток уходит к одному из берегов и в результате отсчет ширины водоохранной зоны можно (при формальном отношении)производить буквально от середины реки. Назначение расходов малой обеспеченности, наблюдающихся в годы с многоводной меженью, когда русло полностью заполнено водой, позволит избежать указанного недостатка.

Применение в расчетах минимальных 30-суточных расходов воды позволяет устанавливать необходимые характеристики для рек (или их участков) с отсутствием данных гидрометрических измерений.

В основу расчетов для малых рек может быть положена формула, разработанная А.М. Владимировым:

$$Q_{30_{3\%}} = a\left(A - A_1\right)^n \lambda_{3\%}, \qquad (11.1)$$

где $Q_{30_{3\%}}$ – минимальный 30-суточный расход воды 3 %-ной обеспеченности; A – площадь водосбора; a, n, A_1 – районные параметры, значения которых могут быть определены с использованием среднемноголетнего Q_{30}.

Данные о расходах воды позволяют вычислить уровень воды той же обеспеченности известными гидрометрическими методами, применяемыми для расчета расходов воды по данным гидрометрической съемки и кривой $Q = f(H)$ – связь расходов и уровней.

Для определения минимального стока средних рек целесообразно использование карт изолиний стока.

К сожалению, в настоящее время готовых для практического применения материалов по расчету вышеуказанных характеристик нет.

В целом же, рассматриваемый вопрос является весьма сложным как с гидрологических и экологических, так и с экономических и юридических позиций. В последнем случае юридические споры могут идти буквально за метры и сантиметры земельных участков. Поэтому научное гидроэкологическое обоснование ширины водоохранной зоны и линии ее отсчета имеет весьма большое значение.

Важную роль в деле охраны водных объектов играет древесно-кустарниковая растительность, находящаяся в водоохранной зоне. Она способствует переводу большой части поверхностных вод в подземные, резко снижает или вообще прекращает эрозию почв и укрепляет берега, что существенно уменьшает заиление рек и озер. Особенно велико ее значение при облесении оврагов, балок, песчаных склонов. Растительность задерживает поступление химических веществ в водные объекты, снижая поверхностный сток и перерабатывая их большую часть.

Поскольку водоохранные зоны снижают или даже предотвращают загрязнение водных объектов минеральными удобрениями и пестицидами (гербицидами), то в сельскохозяйственных районах должны осуществляться лесопосадки в виде защитных полос, которых может быть несколько.

Первая лесополоса является одновременно берегозащитной, поскольку ее главное назначение – предотвратить размыв и переработку берегов рек и водохранилищ, аккумулировать продукты эрозии, извлекать поступающие в воду биогенные элементы и ми-

неральные соли. Ширина берегозащитной лесной полосы зависит от почвенно-грунтовых условий и рельефа. Она может совпадать по ширине с прибрежной водоохранной полосой или являться ее частью.

Другие лесные полосы относятся к категории водорегулирующих и могут располагаться на пойме, на надпойменных склонах и за бровкой коренного берега. Ширина лесополос обычно составляет 20–40 м. Между лесополосами могут быть сельскохозяйственные угодья. Лесозащитные полосы способствуют сохранению чистоты речных и озерных вод и полноводности рек.

12. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

«Лица, причинившие вред водным объектам, возмещают его добровольно или в судебном порядке».
«Водный кодекс РФ», ст. 69

Любая хозяйственная деятельность имеет положительный результат (продукцию) и отрицательный (ущерб). Последний связан в основном с уменьшением природных ресурсов и загрязнением окружающей среды, что может иметь как экономические, так и социальные отрицательные последствия. В связи с этим возникает необходимость экономической и социальной оценки результатов хозяйственной деятельности и проводимых природоохранных мероприятий.

К природоохранным мероприятиям относятся все виды хозяйственной деятельности, направленные на снижение и ликвидацию отрицательных антропогенных воздействий на окружающую природную среду, сохранение, улучшение и рациональное использование природно-ресурсного потенциала. К ним относятся: строительство и эксплуатация очистных и обезвреживающих сооружений, развитие малоотходных и безотходных технологий и производств, размещение хозяйственных объектив с учетом экологических требований; рекультивация земель, меры по борьбе с эрозией почвы, по охране и воспроизводству флоры и фауны, рациональному использованию минеральных ресурсов и т. п.

Водоохранные мероприятия могут быть разделены на три уровня. Мероприятия первого уровня обеспечивают снижение загрязнения на производственном этапе, второго – препятствуют попаданию загрязняющих веществ в водные объекты и третьего – снижают содержание загрязняющих веществ, уже попавших в водный объект.

Экономическая эффективность водоохранных (природоохранных) мероприятий заключается в экономии и предотвращении потери природных ресурсов, живого и овеществленного труда в производственной и непроизводственной сферах человеческой деятельности.

Для оценки эффективности водоохранных мероприятий используются экономические подходы и методики. Обоснованность экономических расчетов определяется уровнем современного развития экономической науки применительно к природоохранной сфере деятельности человека.

Для построения методик оценки эффективности водоохранных мероприятий и оценки ущерба от загрязнения необходимо располагать методами расчета изменения состояния различных элементов природной, социальной и хозяйственно-бытовой сфер жизни под действием загрязнения среды.

В настоящее время экономическое обоснование природоохранных мероприятий в общем виде осуществляется путем сопоставления экономического результата мероприятий с затратами на их осуществление. При этом используются экономические показатели общей и сравнительной эффективности и годовой экономический эффект.

Экономический результат водоохранных мероприятий P определяется по формуле:

$$P = У_{п} + Д, \qquad (12.1)$$

где $У_{п}$ – предотвращенный ущерб от проведения водоохранных мероприятий, руб/год; $Д$ – годовой доход от улучшения хозяйственной деятельности в результате проведения мероприятия, руб./год.

Определение ущерба $У_{п}$ является наиболее сложным вопросом подобных экономических расчетов. Расчет $У_{п}$ базируется на экономических методах определения затрат на ликвидацию отрицательных последствий, которые может вызвать загрязнение.

Для определения экономического эффекта водоохранных мероприятий вычисляются приведенные затраты $З$:

$$З = И_{в.м.} + E_{н} K_{в.м.}, \qquad (12.2)$$

где $И_{в.м.}$ – текущие годовые затраты по эксплуатации основных фондов водоохранных мероприятий, руб.; $К_{в.м.}$ – капитальные вложения в строительство этих фондов, руб.; $Е_н$ – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений (в целом для хозяйственной деятельности $Е_н = 0{,}12$).

Экономический эффект i-го варианта водоохранных мероприятий (R_i) определяется разностью экономических результатов (P_i) и затрат ($З_i$) по этому варианту.

Если для нескольких вариантов мероприятий $P_i \geq З_i$, то для выбора оптимального варианта используется показатель абсолютной экономической эффективности капитальных вложений:

$$Э_i = \frac{P_i - И_{в.м.}}{К_{в.м.}}. \qquad (12.3)$$

Оптимальным вариантом считается тот, для которого величина Э имеет наибольшее значение.

Если для всех вариантов мероприятии $P_i < З_i$, то используется критерий сравнительной экономической эффективности $Э_{ср}$, руб./год:

$$Э_{ср} = З_i - P_i. \qquad (12.4)$$

В этом случае экономически наиболее эффективным будет вариант с наименьшим значением $Э_{ср}$ при условии полного выполнения водоохранных требований.

Оценка экономической эффективности водоохранных мероприятий производится как на стадии проектирования для обоснования мероприятий, так и на стадии эксплуатации для определения фактической эффективности. При оценке экономического эффекта водоохранных мероприятий важным моментом является полнота учета отрицательных воздействий (загрязняющих веществ) и убытков, вызываемых этими воздействиями, поскольку занижение убытков ведет к занижению показателей экономической эффективности водоохранных мероприятий.

Загрязнение природных вод ведет к дополнительным материальным, финансовым и трудовым затратам. Эти затраты связаны с необходимостью предотвращения отрицательного воздействия загрязнения и с последствиями, являющимися результатом загрязнения. Понятие ущерба также включает в себя отрицательные со-

циальные и экологические последствия загрязнения, которые не всегда могут быть оценены финансово-экономическими методами.

Экономический ущерб от загрязнения водных объектов является комплексной величиной, оцениваемой суммарно по объектам отрицательного воздействия, реагирующим на загрязнение, – реципиентам. К таким объектам можно отнести население, элементы жилищно-коммунального хозяйства, сельскохозяйственные угодья, лесные ресурсы, рыбное хозяйство, животный мир, транспорт, объекты промышленности.

Затраты на предупреждение воздействия определяются расходами, необходимыми для предотвращения их влияния на коммунально-бытовые и технологические нужды. Это – затраты на очистку и разбавление, на перенос водозаборов или перемещение водопотребителей, на организацию использования чистых источников и т. п.

Затраты, связанные с воздействием загрязненных вод, возникают в том случае, когда не соблюдаются нормативы по предельно допустимым концентрациям. Эти затраты определяются расходами на компенсацию негативных последствий воздействия загрязненных вод на людей, природные и хозяйственные объекты. Среди таких затрат можно выделить расходы на медицинское обслуживание, компенсацию потерь продукции из-за снижения производительности труда, дополнительные услуги коммунально-бытового хозяйства, компенсацию количественных и качественных потерь продукции, затраты на рекультивацию земель, очистку водных объектов и т.п.

Экономические последствия загрязнения частично могут быть оценены по затратам на исследование экосистем, накоплению и расходованию средств для восстановления нарушенных экосистем.

При выявленных отрицательных последствиях загрязнения размер ущерба определяется экономическими методами как сумма затрат на компенсацию и ликвидацию результатов воздействия загрязненных вод. Однако для полной оценки ущерба, кроме экономических методов, необходимо иметь методы оценки изменения состояния объектов, подверженных воздействию загрязненных вод. До принятия (разработки) таких методов экономическая оценка ущерба $У$ (руб./год) производится по следующей формуле:

$$У = \gamma k M, \qquad (12.5)$$

где γ – нормативный стоимостный коэффициент, руб./усл. год; k – константа, определяемая для различных водохозяйственных участков. Например, для р. Волги k меняется от 2,60 в районе устья р. Оки до 0,50 в устье р. Камы; M – приведенная масса годового сброса примесей в водохозяйственный участок (уел. т/год).

Величина M определяется как произведение показателя относительной опасности i-го вещества (A_i) на годовую массу его сброса (m_i), просуммированное по числу сбрасываемых веществ n:

$$M = \sum_{i=1}^{n} A_i m_i . \qquad (12.6)$$

Показатель относительной опасности A_i (усл. т/год) определяется как величина, обратная предельно допустимой концентрации i-го вещества в водоеме рыбохозяйственного значения ($ПДК_{рх}$):

$$A_i = \frac{1}{ПДК_{рх}}. \qquad (12.7)$$

Данный подход к оценке ущерба, но в более развитом виде, использован в методике определения штрафов за загрязнение водных объектов.

Для определения эффективности водоохранных мероприятий оценивается размер предотвращенного ущерба $У_п$ (руб/год):

$$У_п = У_в - У_о, \qquad (12.8)$$

где $У_в$ – возможный ущерб (без применения водоохранных мероприятий), руб./год; $У_о$ – остаточный ущерб (после проведения мероприятий), руб./год.

Подсчет убытков, которые несут в результате загрязнения вод отдельные предприятия и организации, а также граждане, может производиться самостоятельно по специальным методикам.

Так, при невозможности использования источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения убытки $У$ (руб.) определяются по формуле:

$$У = (C_{э.в} + E_н K_{э.в}) - (C_{ч.в} + E_н K_{ч.в}), \qquad (12.9)$$

где $С_{э.в}$ и $К_{э.в}$ – соответственно эксплуатационные и капитальные затраты для обеспечения населения водой требуемого качества при загрязненном источнике, руб; $С_{ч.в}$ и $К_{ч.в}$ – аналогичные затраты при использовании источника с требуемым качеством воды (условно чистая); $Е_н$ – пояснение см. (12.2).

Убытки по восстановлению потерянной продукции $У_{в.п.}$ рассчитываются по формуле:

$$У_{в.п} = П\,(С_2 - С_1 + Е_н К) + \Delta П(С_3 - С_1 + Е_н \Delta К) + Е_н К_о, \quad (12.10)$$

где $П$ – годовое производство продукции, нат. ед.; $К$ – капитальные затраты, руб.; $С_1$ и $С_2$ – текущие затраты на производство соответственно при незагрязненном и загрязненном водном источнике, руб./нат. ед.; $\Delta К$ – увеличение отдельных капитальных вложений при загрязненном источнике, руб./нат. ед.; $\Delta П$ – недополучение годового объема продукции при загрязненном источнике, нат. ед.; $С_3$ – текущие затраты для возмещения снижения производства из-за загрязнения источника, руб./нат. ед.; $К_о$ – остаточная балансовая стоимость основных фондов, не используемых в результате снижения производства при загрязнении водного источника, руб.

Аналогичные экономические методы могут использоваться для оценки убытков других видов водопользования.

13. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПРИ ВОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

«Экологическая экспертиза проводится в целях установления соответствия документов и документации, обосновывающих планируемую хозяйственную и иную деятельность».
Закон РФ «Об охране окружающей среды», ст. 33

13.1. Принципиальные основы экологической экспертизы

Государственная экологическая экспертиза представляет собой комплекс действий, осуществляемых государственными органами и экспертными комиссиями с целью проверки и оценки соответствия объекта экспертизы, его хозяйственной или иной деятельности требованиям охраны окружающей природной среды и экологической безопасности.

Комплекс экспертных действий включает в себя прежде всего рассмотрение и оценку проектов планов, предплановой, проектно-сметной, нормативно-правовой и иной документации, а также технологий, техники, материалов и веществ с позиции их соответствия правилам, нормативам и экологическим нормам на различных стадиях хозяйственной деятельности.

Принципы государственной экологической экспертизы впервые были сформулированы и закреплены в Законе РФ «Об охране окружающей природной среды». Важнейшим из них является принцип обязательности проведения экологической экспертизы до принятия решения о хозяйственной деятельности.

Обязательность проведения экспертизы усиливается положением о финансировании и осуществлении работ по проектам и программам, которые проводятся лишь при наличии положительного экспертного заключения.

В целом перечень принципов и объектов экспертизы можно представить в виде следующей схемы:

Государственная экологическая экспертиза

Принципы	*Объекты*
Обязательность	Проекты программ
Научная обоснованность	Проекты строительства
Независимость	Проекты размещения
Вневедомственность	Техника и технология
Законность проведения	Сырье и материалы
Гласность	Продукция
Участие общественности	Химические вещества
Ответственность	Проекты стандартов, технических и правовых норм

Согласно принятым принципам, любая экологическая экспертиза включает научную и административно-правовую стороны. Экспертные оценки являются итогом научно-исследовательского процесса, который должен производиться квалифицированными учеными экспертами на современном научно-техническом уровне с использованием новейших форм и методов исследования. Результаты исследований должны не только фиксировать нарушения экологических норм, но и оценивать последствия, давать рекомендации и прогнозы по наиболее эффективному решению выявленных проблем.

Административно-правовая сторона проявляется в том, что экспертиза опирается на соответствующую нормативную базу, законы, административные методы контроля. В соответствии с законодательством ответственность, в том числе и уголовную, несут как должностные лица и граждане за невыполнение требований заключения экспертной комиссии, так и члены комиссии за правильность и обоснованность заключения. Выводы экспертной комиссии могут быть обжалованы в суде или арбитражном суде.

Еще одна принципиальная сторона государственной экологической экспертизы связана с гласностью и участием общественности. Это обеспечивает доступность информации о ходе и результатах экспертизы, принятых решениях, а также возможность доведения позиции общественности до органов, принимающих решение. Важным моментом является возможность осуществления общественной экологической экспертизы, проводимой по инициативе общественных организаций и научных коллективов с формирова-

нием самостоятельных экспертных комиссий. Заключения таких комиссий могут стать юридически обязательными после их утверждения органами государственной экологической экспертизы.

Наконец, принципами организационной стороны государственной экологической экспертизы являются независимость и вневедомственность, в том числе в вопросах финансирования и материально-технического обеспечения.

Организационно-экологическая экспертиза осуществляется органами государственной власти административно-территориальных единиц и специально уполномоченными органами, входящими в структуру Минприроды России, а также санитарно-эпидемиологическими органами. Руководство экспертными комиссиями и группами, проведение экспертизы осуществляются нештатными экспертами, которые назначаются руководителями соответствующего государственного органа.

Финансирование работы экспертной комиссии осуществляется из бюджета Российской Федерации, административных территорий или из соответствующих фондов, а также за счет средств, поступающих от заказчика.

13.2. Государственный экологический контроль

В отличие от государственного экологического мониторинга, который по своей сути ограничивается лишь сбором и передачей экологической информации, государственный экологический контроль представляет собой один из видов государственной административно-управленческой деятельности.

Его непосредственные задачи — обеспечение всеми хозяйствующими субъектами, гражданами экологических требований законодательства и нормативов качества окружающей природной среды.

Государственный экологический контроль имеет два постулата:

1. *Надведомственность контрольной деятельности*, т. е. его указания, требования, предписания являются обязательными независимо от форм собственности подчиненного хозяйствующего субъекта.

2. *Разделение функции* государственного контроля и использования природных ресурсов в рамках единого органа.

Нынешняя система специально уполномоченных органов государственного экологического контроля состоит из головного органа (Минприроды России), выполняющего координационные и контрольные функции, и отраслевых специально уполномоченных органов, ведающих контролем в области охраны природных объектов либо отдельных компонентов, входящих в этот объект.

Полномочия органов государственного экологического контроля. По Закону РФ «Об охране окружающей природной среды», по «Водному кодексу РФ», положениям о других органах государственного контроля головной и отраслевые специально уполномоченные органы государства наделяются совокупностью прав и обязанностей, необходимых им для выполнения поставленной задачи.

Список полномочий можно разделить на шесть групп:

– право посещать подконтрольные объекты, знакомиться с документами;

– требовать устранения отмеченных недостатков и проведения профилактических природоохранительных мер в установленные сроки;

– выдавать разрешение на природопользование, устанавливать лимиты и нормативы, назначать государственную экологическую экспертизу;

– принимать решения об ограничении, приостановлении, прекращении деятельности экологически вредных объектов, о возбуждении ходатайства о прекращении их финансирования учреждениями банка;

– налагать административный штраф в установленном размере за нарушение природоохранительного законодательства;

– предъявлять иски о возмещении вреда, причиненного природной среде, и направлять материалы для привлечения виновных к уголовной ответственности.

Эти полномочия распространяются на все виды хозяйствующих субъектов.

13.3. Экологическая экспертиза

Экологическая экспертиза представляет собой самостоятельный вид экологического контроля. В общей схеме экологического механизма она выступает гарантом выполнения эколого-правовых

предписаний. Но в отличие от других гарантий (текущего контроля, ответственности за последствия) она имеет чисто предупредительное значение, ибо, как правило, совершается до начала эколого-вредной деятельности.

Суть ее предупредительного назначения выражается в том, что она совершается в виде предварительной проверки соответствия хозяйственных решений, деятельности и ее результатов требованиям охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов, экологической безопасности общества.

Государственная экологическая экспертиза назначается специально уполномоченным органом государства в области охраны окружающей природной среды. Ее выводы обладают силой надведомственного документа, обязательного к исполнению. *Ведомственная* экологическая экспертиза проводится по приказу соответствующего министерства, ведомства. Ее результаты сохраняют силу внутри соответствующей ведомственной структуры, если не противоречат выводам государственной экологической экспертизы. *Общественная* экологическая экспертиза организуется по инициативе общественных объединений и проводится негосударственными структурами. Ее заключения имеют значение рекомендаций. *Научная* экологическая экспертиза проводится по инициативе научных учреждений, высших учебных заведений или по инициативе научных коллективов и отдельных ученых.

Цель экологической экспертизы – предупредить о вредных последствиях хозяйственной деятельности для охраны окружающей среды, здоровья человека и экологической безопасности общества; задача – оценить степень экологического воздействия конкретного хозяйственного объекта на окружающую среду и здоровье человека.

Экологическую экспертизу проводит, как правило, комиссия, но может и один человек.

Методы выполнения экспертизы – сбор, обобщение, рассмотрение материалов, их оценка, составление заключения, контроль за выполнением.

Принципы экологической экспертизы. Согласно Закону РФ «Об охране окружающей среды» (ст. 35), государственная экологическая экспертиза осуществляется на принципах *обязательно-*

сти, научной обоснованности, законности, независимости и вневедомственности в организации и проведении, широкой гласности и участия общественности.

Принцип обязательности в государственной экологической экспертизе имеет два значения: во-первых, как обязательность ее проведения в отношении тех проектов, программ, сооружений, материалов и т. д., которые способны оказать негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека. Закон предусматривает открытие финансирования и осуществление всех работ только после положительного заключения государственной экологической экспертизы; во-вторых, как обязательность выполнения тех выводов, которые содержаться в заключении экспертизы.

Принцип научной обоснованности означает, что все выводы экологической экспертизы должны быть научно аргументированы, базироваться на принципах охраны окружающей природной среды и прежде всего на научно обоснованном сочетании экологических и экономических интересов, обеспечивающим приоритет охраны жизни и здоровья человека, реальные гарантии прав человека на здоровую и благоприятную для жизни окружающую среду.

Эколого-экспертный процесс должен развиваться на твердой *законодательной основе,* т. е. необходимо наличие правовых норм, регулирующих порядок назначения и проведения экологической экспертизы: это Закон РФ «Об охране окружающей природной среды», Федеральный закон «О государственной экологической экспертизе» и т.д.

Независимость и вневедомственность экологической экспертизы призваны обеспечивать свободу волеизъявления эколого-экспертной комиссии. Она должна руководствоваться только фактами, научными принципами их обоснования и действующими законами.

Широкая гласность в существовании и функционировании объекта или предполагаемом его появлении, назначении по данному поводу государственной экологической экспертизы вытекает из обязанности государственных органов охраны окружающей природной среды об обеспечении населения необходимой и своевременной экологической информацией.

Гласность экологической информации тесно связана с *привлечением общественности* к участию в проведении экологической экспертизы. (Законодательная основа участия общественности и граждан в назначении и проведении экологической экспертизы заложена в ст. 12, 13 Закона РФ «Об охране окружающей среды».)

Государственной экологической экспертизе подлежат предплановые материалы, проекты генеральных планов застройки территорий, в том числе территорий с особым режимом природопользования и ведения хозяйственной деятельности; технико-экономические обоснования предприятий и организаций; проекты комплексных схем охраны и использования природных ресурсов; материалы обследования для придания статуса особо охраняемого объекта либо зоны, нуждающейся в соответствующей реабилитации; обоснования для внедрения новой техники и новой технологии, в том числе ввозимой из-за рубежа.

Обязательной государственной экспертизе также подлежат экологические обоснования лицензий и сертификатов, проекты нормативной технической документации и нормативно-правовые акты в части охраны окружающей среды и использования природных ресурсов.

Особого внимания требуют проведения специальных исследований, дополнительных научных и проектных работ: атомная промышленность, энергетика, металлургия, нефтехимия, нефте- и газопереработка, химическая промышленность, добыча полезных ископаемых; транспорт нефти и газа и продуктов их переработки, производство целлюлозы и бумаги, картона; производство, хранение, утилизация, захоронение токсичных и ядовитых отходов, животноводческие комплексы, птицефабрики, мелиоративные системы, крупные склады для хранения нефтяных, химических продуктов, ядохимикатов и пестицидов.

Особым объектом экологической экспертизы является человек, его жизнь и здоровье во взаимосвязи с окружающей средой, в первую очередь водной и воздушной. Это *эколого-санитарная* экспертиза. Она устанавливает причинную связь между состоянием здоровья человека, его изменениями и вредным воздействием окружающей среды под влиянием антропогенной деятельности. Экс-

пертиза важна для решения вопроса о возмещении вреда здоровью граждан от неблагоприятного воздействия окружающей среды.

Задачей *эколого-нормативной экспертизы* является исследование соответствия требованиям экологической безопасности нормативов качества окружающей природной среды: предельно допустимых концентраций, выбросов, сбросов вредных веществ, предельно допустимого уровня радиационного воздействия, воздействия шума, вибрации, магнитных полей. Проверяется эффективность показателей качества окружающей природной среды с точки зрения здоровья человека, охраны его генетического фонда.

Эколого-экспертный процесс. Он включает пять стадий: 1) назначение экспертизы; 2) сбор, обобщение, оценку информации; 3) формирование предварительного заключения и ознакомление с ним общественности; 4) представление заключения экспертизы и утверждение его руководителем компетентного органа; 5) разрешение споров.

Итак, первая стадия — *назначение* экспертизы зависит от ее вида. Государственная экологическая экспертиза назначается специально уполномоченным на то органом государства в области охраны окружающей природной среды – в данном случае Министерством природы России (МПР) и его специально уполномоченными территориальными органами. Непосредственно МПР назначает экспертизу по объектам и мероприятиям федерального уровня, а также другим объектам, если затрагиваются интересы двух и более субъектов Федерации. МПР организует экологическую экспертизу, обосновывающую объявление территорий зонами экологического бедствия и чрезвычайных экологических ситуаций. По остальным проектам строительства, реконструкции, расширения, ликвидации объектов хозяйственной деятельности экспертные комиссии создаются в территориальных органах охраны окружающей природной среды.

В зависимости от объема и характера экспертной деятельности проведение экспертизы поручается экспертной комиссии, состав которой утверждается приказом по Минприроды России или по научно-исследовательскому учреждению (в том числе высшему учебному заведению по профилю). Экспертиза может быть пору-

чена и отдельному специалисту, если это вытекает из объема и качества выполняемой работы.

Применительно к заказчику закон говорит о его праве проведения экспертизы и обязанности ее организации. Министерство и его территориальные органы призваны заниматься *организацией экспертизы,* проведение ее ложится на специалистов – ученых и практиков, не связанных с управленческой деятельностью.

Что касается *общественной* либо *научной* экспертизы, то их организация и проведение не требуют каких-либо особых установлений. Они проводятся по инициативе общественных объединений, институтов, отдельных кафедр и ученых и имеют рекомендательное значение со всеми вытекающими отсюда последствиями. Однако, согласно Федеральному закону «О государственной экологической экспертизе», заключение общественной экологической экспертизы может иметь силу, если эта экспертиза была *зарегистрирована* в органах местного самоуправления по заявлению общественных организаций и ее заключение было *утверждено* специально уполномоченными органами по экологической экспертизе.

На второй стадии основная задача экспертной комиссии состоит в *сборе, обобщении и оценке* информации. По ряду объектов экспертизы представление подобного рода экологической информации вменяется в обязанность потребителя. Для экспертизы особо опасных видов хозяйственной деятельности должны быть представлены материалы, которые в пакете называются *Заявлением об экологических последствиях.*

В заявлении должны быть отражены последствия воздействия на окружающую природную среду с учетом степени экологического риска и меры потребителя по нейтрализации экологически вредных последствий, оздоровлению и воспроизводству окружающей природной среды. Задача экспертов состоит в проверке правильности и научной обоснованности содержания данного документа.

Третья стадия – *предварительное заключение* экспертной комиссии, подготовленное и подписанное комиссией, доводится до сведения населения, общественных объединений, заинтересованных в проекте. Закон РФ «Об охране окружающей среды» (ст. 41) допускает в необходимых случаях при размещении объектов, за-

трагивающих экологические интересы населения, принимать решение по результатам обсуждения или референдума.

На четвертой стадии *заключение* экспертной комиссии по экологической экспертизе *утверждается* руководителем компетентного государственного органа специальной компетенции – министром, его заместителем по охране окружающей природной среды и природных ресурсов и т. д. Член экспертной комиссии, не согласный с общей оценкой, излагает собственное мнение. С утверждением заключения экспертной комиссии выводы экологической экспертизы приобретают юридическую силу.

На пятой стадии лица и организации, *не согласные* с заключением экспертной комиссии, *вправе* обратиться с жалобой в тот орган, который назначил экспертизу, в вышестоящий орган, прокуратуру, народный или арбитражный суд. Административный орган, согласившись с жалобой, может отменить заключение экспертизы, одновременно назначив повторную экологическую экспертизу. Народный или арбитражный суд по иску заинтересованной стороны вправе признать заключение экологической экспертизы недействительным, если усмотрит в нем нарушение действующего законодательства о порядке назначения и проведения государственной экологической экспертизы. По тем же основаниям прокурор в суде или арбитражном суде выражает администрации, принявшей решение, протест, предусматривающий отмену незаконно принятого заключения по экологической экспертизе.

Ответственность за экологические правонарушения и преступления наступает в трех случаях:

1. Ответственность экспертов за заведомо неправильное заключение либо выводы, сделанные в результате небрежного анализа доказательств. В этих случаях возможно привлечение в уголовной ответственности за должностные преступления: злоупотребление служебным положением и халатность (ст. 170 и 127 УК РФ).

2. Ответственность предприятий, организаций, учреждений, граждан за невыполнение условий экспертного заключения. Согласно Закону РФ «Об охране окружающей среды», здесь применяется административная ответственность в виде крупного денежного штрафа, накладываемого по постановлению органов охраны окружающей природной среды на должностных лиц и граждан и

юридических лиц, виновных в неисполнении предписания экологической экспертизы.

3. Ответственность третьих лиц, которые понуждали или пытались понуждать к изменению выводов экологической экспертизы. Должностные лица, виновные в совершении подобных деяний (в зависимости от характера содеянного), могут быть привлечены к административной или уголовной ответственности. Во всех случаях лица, виновные в совершении правонарушения, возмещают нанесенный вред. (Подробнее об экологической ответственности и механизме международно-правовой охраны окружающей среды см. [28].)

13.4. Основные экологические требования при планировании, проектировании и осуществлении водохозяйственной деятельности

Обязательной экологической экспертизе подлежат все предплановые, предпроектные и проектные материалы по любым объектам и мероприятиям, намечаемым к реализации, а также экологические обоснования лицензий (на природопользование) и сертификатов качества (соответствие нормам работ).

Требования экологической безопасности и охраны здоровья людей должны выполняться на различных этапах планирования и для разных видов хозяйственной деятельности: при размещении, технико-экономическом обосновании (ТЭО) проекта, проектировании, строительстве, реконструкции и вводе в эксплуатацию объектов промышленности, энергетики, водного, сельского, коммунально-бытового хозяйства, на транспорте и при прокладке каналов, трубопроводов и т. п. Во всех случаях должны предусматриваться мероприятия по охране природы, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, оздоровлению окружающей природной среды. При нарушении экологических требований, согласно закону, возможно приостановление или полное прекращение деятельности объектов, отрицательно влияющих на природную среду.

Уже на самом начальном этапе планирования – выборе места размещения объекта – в соответствии с водным и земельным кодексами, законом «О санитарно-эпидемиологическом благополу-

чии населения» должны выполняться требования о соблюдении режима водоохранных зон в интересах сохранения качества источников питьевого водоснабжения, а также охраны малых рек и иных водных источников.

На стадии ТЭО должна иметься характеристика сточных вод и вредных выбросов, проведена их оценка, предложены мероприятия по предупреждению загрязнения водоемов (почвы, воздуха), установлены размеры санитарно-защитной зоны. В ТЭО приводится оценка экономической эффективности мер по охране окружающей среды и экономического ущерба от загрязнения.

На дальнейших стадиях разработки объектов и мероприятий в проектах должны быть рассмотрены вопросы охраны водоемов от загрязнения, которые, в частности, включают предложения по предотвращению аварийных сбросов сточных вод и оценки значений предельно допустимых сбросов (ПДС) и временно согласованных сбросов (ВСС) сточных вод. Обязательно подлежит проверке обоснованность источников водоснабжения.

Проведение работ по объектам и ввод их в эксплуатацию могут осуществляться только по проектам, имеющим положительное заключение государственной экологической экспертизы, при условии выполнения всех экологических требований. По окончании работ это утверждается актом приемочной комиссии, в которую входят представители государственных органов в области охраны окружающей среды.

На стадии эксплуатации объектов требования экологической безопасности обеспечиваются соблюдением установленных нормативов качества окружающей природной среды. Сброс вредных веществ может производиться только после их очистки до установленных пределов, определяемых нормами ПДС и ВСС, зафиксированными в разрешении на водопользование.

При общности экологических требований в процессе эксплуатации различных хозяйственных объектов требования в вопросе охраны вод могут конкретизироваться в зависимости от характера водопользования.

Применительно к каждому промышленному предприятию полный комплекс экологических требований оговаривается в его экологическом паспорте (ГОСТ 17.00.04-90). В сельском хозяйст-

ве, как и в промышленности, требования в первую очередь направлены на исключение загрязнения поверхностных и подземных вод, поверхностей водосборов (пестицидами, минеральными удобрениями, стоками ферм и т.д.), а также на предотвращение истощения водных ресурсов.

При разработке и эксплуатации мелиоративных систем следует принимать все меры по соблюдению водного баланса, экономному использованию вод, охране земель от подтопления и затопления.

Проектирование и строительство ГЭС должно проводиться с учетом недопущения отрицательных изменений в окружающей среде, воспроизводства природных ресурсов, максимального сохранения земель, населенных пунктов, памятников природы и культуры, охраны рыбных запасов, своевременной утилизации древесины и плодородного слоя почвы.

При разработке проектов и проведении экологической экспертизы объектов и мероприятий, оценке результатов их деятельности используются природоохранные стандарты, экологические и санитарно-гигиенические нормативы, методики нормирования сбросов вредных веществ, технологические и строительные правила, содержащие экологические требования охраны окружающей среды.

При оценке соответствия хозяйственной деятельности требованиям экологической безопасности многие вопросы охраны вод регламентируются водным и земельным кодексами, законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», строительными нормами и правилами (СНиПы) и ГОСТами.

Экологические требования также в полной мере относятся к военной деятельности, военным и оборонным объектам. Действующим законом разрешается проведение экологической экспертизы по военным объектам, а также возмещение военными органами ущерба, причиненного окружающей природной среде.

При разработке и эксплуатации мелиоративных систем следует принимать все меры по соблюдению водного баланса, экономному использованию вод, охране земель от подтопления и затопления.

Проектирование и строительство ГЭС должно проводиться с учетом недопущения отрицательных изменений в окружающей среде, воспроизводства природных ресурсов, максимального сохранения земель, населенных пунктов, памятников природы и

культуры, охраны рыбных запасов, своевременной утилизации древесины и плодородного слоя почвы.

При разработке проектов и проведении экологической экспертизы объектов и мероприятий, оценке результатов их деятельности используются природоохранные стандарты, экологические и санитарно-гигиенические нормативы, методики нормирования сбросов вредных веществ, технологические и строительные правила, содержащие экологические требования охраны окружающей природной среды.

13.5. Экологический контроль

Экологический контроль является элементом механизма, обеспечивающего соблюдение современных природоохранных требований. Задачами экологического контроля является: во-первых, наблюдение за состоянием окружающей природной среды и ее изменением под влиянием хозяйственной или иной деятельности; во-вторых, проверка выполнения планов и мероприятий по охране природы, рациональному использованию природных ресурсов, соблюдению требований природоохранительного законодательства и нормативов качества окружающей среды. В соответствии с этим экологический контроль осуществляет функцию управления охранной природы через обеспечение информацией, необходимой для принятия решений, и является гарантом выполнения экологических требований через реализацию правовых норм соответствующих законов.

Структурно в системе экологического контроля выделяется четыре звена:

1. Государственная служба наблюдения за состоянием окружающей природной среды.
2. Государственный экологический контроль.
3. Производственный экологический контроль.
4. Общественный экологический контроль.

Государственная служба проводит наблюдения за показателями, определяющими состояние природной среды, обеспечивает организации и население текущей и экстренной информацией, прогнозами. Служба организуется структурами Минприроды России, а ее основу составляет Федеральная служба России по гидро-

метеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Участвуют в проведении мониторинга и другие государственные структуры, имеющие отношение к природопользованию.

Государственный экологический контроль осуществляется органами государственной власти и государственными структурами в области охраны природы и санитарно-эпидемиологического надзора. Его задачами является обеспечение соблюдения экологического законодательства, соответствующих норм, правил, выполнение природоохранных мероприятий. В частности, государственный контроль устанавливает нормы сбросов загрязняющих веществ и выдает разрешения на сброс, назначает государственную экологическую экспертизу и обеспечивает контроль за соблюдением ее заключения.

Производственный экологический контроль осуществляется экологической службой хозяйственной организации. В его задачи входит контроль за соблюдением нормативов качества природной среды и требований природоохранного законодательства, выполнением мероприятий по охране природы, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов.

Общественный экологический контроль проводится профессиональными союзами, трудовыми и общественными коллективами, гражданами с целью проверки требований законодательства об охране природной среды.

13.6. Чрезвычайные экологические ситуации и особо охраняемые природные объекты

Территория, на которой происходят или уже произошли глубокие отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, деградации флоры и фауны, высшими органами власти Российской Федерации может быть объявлена зоной чрезвычайной экологической ситуации, или зоной экологического бедствия.

Выделение таких зон осуществляется по трем квалифицирующим признакам: санитарно-гигиеническому, экологическому и природно-ресурсному. Эти признаки характеризуют соответственно уровень загрязнения и степень его опасности; состояние экосистем и их способность к процессу обмена веществ и энергии; объ-

ем ресурсного потенциала, обеспечивающего жизнедеятельность человека, животного и растительного мира. Ресурсы и качество поверхностных и подземных вод при этом играют одну из важнейших ролей.

По состоянию природной среды можно выделить четыре системы сложности экологической ситуации на какой-либо территории (по нарастанию сложности): критическая, острокритическая, кризисная, катастрофическая. Название соответствующих зон и их признаки даны в табл. 13.1.

Таблица 13.1

Характеристика зон неблагополучной экологической ситуации

Зона	Оценка ситуации	Признак
Критической экологической ситуации	Критическая	1. Хронический уровень повышенного загрязнения. 2. Устойчивая повышенная антропогенная нагрузка. 3. Угроза дефицита пресной воды, снижение плодородия почв, растительного покрова, многообразия видов животных, рыбных запасов. 4. Повышенный уровень заболеваемости людей
Острокритической экологической ситуации	Остро критическая	1. Развитие устойчивых процессов разрушения экосистем. 2. Многократно повышенная загрязненность среды. Нарастание антропогенной нагрузки. 3. Угроза дефицита пресной воды становится реальностью, нарастание процессов истощения растительного и животного мира, потеря плодородия почвы. 4. Уровень заболеваемости населения достигает критической отметки, рост смертности
Чрезвычайной экологической ситуации	Кризисная	1. Начало процесса разрушения экологических систем. 2. Глобальное загрязнение окружающей среды, многократно превышающее ПДК. 3. Дефицит пресной воды, истощение поверхностных и подземных вод. Потеря плодородия почв. Полное истощение лесной растительности, ее оскудение, оскудение животного мира. 4. Резкое увеличение заболеваемости и смертности, во много раз превышающее средние показатели
Экологического бедствия	Катастрофическая	1. Полное разрушение экологических систем. Глобальное устойчивое загрязнение среды. Многократное превышение норм нагрузки. 2. Отсутствие питьевой воды, гибель лесов и животного мира. Углубление процессов деградации почв. 3. Высокий уровень заболеваемости и смертности населения

На территории России площадь экологически неблагополучных районов составляет 2 млн км^2, в экологически нездоровой обстановке проживает 50–70 млн человек. К зонам экологического бедствия относятся районы аварии Чернобыльской АЭС, степные районы Калмыкии, Кузбасс; к зонам чрезвычайной экологической ситуации – Байкал, Кольский п-ов, Северный Прикаспий, промышленные зоны Урала. Острокритическая экологическая ситуация складывается практически во всех крупных городах и районах интенсивной промышленной и аграрной деятельности.

При особо сложной экологической ситуации, в зависимости от остроты проблемы, должна ограничиваться и даже полностью прекращаться деятельность, отрицательно влияющая на окружающую среду. Кроме этого, принимаются необходимые меры по восстановлению природных ресурсов и оздоровлению окружающей среды (рекультивация земель, восстановление лесов, ликвидация опасных мест захоронения отходов и скопления загрязняющих веществ).

Кроме зон повышенного экологического риска, выделяются территории и объекты, находящиеся под особой охраной государства. Такие объекты подразделяются на административные, историко-культурные и природные. Структурная схема охраняемого государством природного фонда приведена в табл. 13.2.

Таблица 13.2

Природные территории

Природно-заповедные	Лечебно-оздоровительные	Рекреационные
Заповедники Заказники Национальные природные парки Памятники природы	Курортные зоны Санитарные и защитные зоны Зеленые зоны	Дендрологические парки Природные зоны Лесопарковые зоны Базы отдыха и туризма

К административным относятся военные объекты, режимные территории органов внутренних дел и т.п. К историко-культурным – памятники истории и культуры, а также территории и объекты природного происхождения, выполняющие экологические, эколого-экономические и культурно-оздоровительные функции.

Центральное место среди особо охраняемых территорий и объектов занимает природно-заповедный фонд. Он представляет

собой совокупность природных объектов и комплексов, имеющих экологическое, природоохранное, научное, культурное значение, полностью или частично изъятых из использования с целью сохранения генетического фонда растений или животных, типичных или редких ландшафтов, эталонов окружающей природной среды. Природно-заповедный фонд Российской Федерации состоит из природных заповедников, заказников, национальных природных парков, памятников природы (редкие природные объекты или представители растительного и животного мира).

В зависимости от целей, которые ставятся при создании той или иной природно-заповедной территории, устанавливаемый режим, обеспечивающий естественное развитие природных процессов, может несколько изменяться. Однако практически всегда остаются требования по запрету изыскательских работ, сплава леса, действий, изменяющих гидрологический режим, а также проведение гидромелиоративных и ирригационных работ.

Природные заказники по своим задачам могут быть и чисто гидрологическими (болотными, озерными, речными, морскими), предназначенными для сохранения и восстановления водных объектов и экосистем, а также прилегающих к ним участков суши, обеспечивающих оптимальный гидрологический баланс.

Памятниками природы могут объявляться и уникальные гидрологические объекты или комплексы (отдельные участки): реки и озера, болотные массивы и болотно-речные комплексы, водохранилища и пруды, которые играют важную роль в поддержании гидрологического режима или являются эталонами.

14. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

«Законодательство в области охраны окружающей среды основывается на Конституции Российской Федерации и состоит из настоящего Федерального закона, других федеральных законов, а также принимаемых в соответствии с ними иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации».

Закон РФ «Об охране окружающей среды», ст. 2

Охрана природы возникает и совершенствуется по мере роста потребления и использования природной среды и, в частности, водной среды в форме непосредственного водопотребления или водопользования. При этом на первом плане должно находиться экономное или рациональное использование водных объектов (источников) с учетом требований их охраны.

Со второй половины XX в. к проблеме рационального использования вод добавляется защита водных ресурсов как важнейшего объекта для человека, его жизни и здоровью, генетического будущего.

Основными принципами охраны окружающей человека природной среды, указанных в [27], являются:

– приоритет охраны жизни и здоровья;

– научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов;

– рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов;

– законность и неотвратимость наступления ответственности за экологические правонарушения;

– гласность в работе экологических организаций и их тесная связь с общественными объединениями и населением в решении природоохранительных задач;

– международное сотрудничество в сфере охраны окружающей природной среды.

В 1919 г. в составе Народного комиссариата просвещения был создан единый государственный орган по охране природы. В этом же году был организован Государственный гидрологический институт (ГГИ), который длительное время был единственным в мире специализированным научным учреждением в области исследования водных объектов.

В 60–80-х годах прошлого века было принято довольно много постановлений по вопросам охраны и рационального использования водных объектов. В 1960 г. вышло постановление «О мерах по упорядочению использования и усилению охраны водных ресурсов СССР». Были приняты постановления о загрязнении Каспия, о Байкале, об озере Севан, о загрязнении бассейнов рек Волги и Урала; о Балтийском море и др. В 1970 г. принят закон «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик». В 1972 г. принято постановление «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов»; в 1980 г. – «Об усилении охраны природы малых рек от загрязнения, засорения и истощения и о рациональном использовании их водных ресурсов».

В конце 80-х годов политика правительства в области охраны природы и улучшения экологической ситуации приобрела новое направление. Так, в 1988 г. принимается постановление «О коренной перестройке дела охраны природы в стране». Согласно постановлению, основными направлениями природоохранной деятельности должны стать: повсеместное обеспечение благоприятного санитарного и экологического состояния окружающей среды; уменьшение удельных расходов воды по стране к 1995 г. не менее чем на 20 % и прекращение к 2000 г. сброса неочищенных сточных вод во все водные бассейны страны; сохранение всех природных ресурсов страны и поддержание их экологического состояния и т. д. Особое место в постановлении отводилось вопросам экологического образования.

На основе этого постановления в 1991 г. был создан Государственный комитет Российской Федерации по охране природы. В этом же году выходит еще одно постановление «О первоочеред-

ных мерах по улучшению использования водных ресурсов в стране», где вводятся экономические нормативы платы за воду. В 1996 г. принят «Водный кодекс РФ», в 1998 г. – закон «О гидрометеорологической службе», в 2001 г. – в новой редакции закон «Об охране окружающей среды».

Установление правовых основ использования и охраны водных объектов с 1996 г. регламентируется «Водным кодексом Российской Федерации», который неоднократно корректировался (последняя редакция произведена 1 июля 2008 г.). Он содержит семь глав, из которых шестая глава называется «Охрана водных объектов» и содержит статьи с 55 по 67. Последняя глава посвящена ответственности за нарушение водного законодательства.

В весьма кратком изложении главу 6 можно представить в следующем содержании.

В соответствии с «Водным кодексом РФ» независимо от собственника водного объекта (собственность федеральная, субъекта Федерации, муниципальная, юридического или физического лица) необходимо осуществлять охрану всех видов водных объектов (ст. 55).

Запрещается сброс или захоронение отходов производства и потребления, ядерных материалов и радиоактивных веществ. Содержание опасных для здоровья человека веществ и соединений, а также твердых взвешенных частиц не должно превышать ПДК естественного фона. Также запрещено проведение взрывных работ на водных объектах в случае выделения радиоактивных или токсических веществ при взрыве (ст. 56).

Болото рассматривается как особый водный объект, который нельзя загрязнять и засорять. Осушение болот или их части, как и иное использование болот, не должно приводить к ухудшению состояния не используемой части болота и других водных объектов и к истощению вод (ст. 57).

Аналогичные требования (ст. 58) относятся к ледникам и снежникам.

Статья 59 посвящена охране подземных вод. Необходимо принимать меры по предотвращению загрязнения, засорения и истощения подземных вод, а также соблюдать установленные нормативы допустимого воздействия на них. Не допускается размещать места захоронения отходов производства и потребления,

кладбища, скотомогильники и другие объекты, оказывающие негативное воздействие на состояние подземных вод, используемых или которые могут быть использованы для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Проектирование, размещение, строительство и эксплуатация водозаборных сооружений подземных вод не должно отрицательно влиять на поверхностные водные объекты.

Большое внимание уделено охране водных объектов при проектировании, размещении, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и самой эксплуатации водохозяйственных систем (гидротехнических сооружений) (ст. 60).

При этом ***запрещается***:

– сброс сточных вод, не подвергшихся санитарной очистке, обезвреживанию и не соответствующих требованиям технических регламентов;

– забор воды, оказывающий негативное влияние на водный объект;

– сброс, содержащий возбудители инфекционных заболеваний, а также вредных веществ, для которых не установлены нормативы ПДК.

«Нарушение требований к использованию и охране водных объектов влечет за собой ограничение, приостановление или запрещение эксплуатации объектов водохозяйственных систем».

В статье 61 обращается внимание на необходимость учитывать требования законодательства в области охраны окружающей среды и градостроительной деятельности при проведении строительных, дноуглубительных, взрывных, буровых и других работ, связанных с изменением дна и берегов, в водоохранных зонах, в границах особо ценных водно-болотных угодий.

Необходимо принимать меры по предотвращению попадания рыб и других вредных биологических ресурсов в водозаборные сооружения, предотвращать загрязнение грунтовых вод и подъем их уровня.

Орошение или осушение и другие мелиоративные работы должны проводиться одновременно с осуществлением мероприятий по охране окружающей среды, по защите водных объектов и их водосборных площадей.

Использование водных объектов для выработки электричества (ГЭС, АЭС, ТЭЦ) осуществляется (ст. 62) с учетом интересов других водопользователей, соблюдения требований к использованию и охране водных объектов, требований к сохранению водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира, требований о предотвращении негативного воздействия вод и ликвидации его последствий. Особо отмечается необходимость соблюдать температурный режим водных объектов, используемых АЭС и ТЭЦ.

В статье 63 указывается, что «использование, охрана, защита, воспроизводство лесов, расположенных в водоохранных зонах, осуществляются в соответствии с лесным законодательством».

Для водных объектов, являющихся природными лечебными ресурсами, устанавливаются зоны, округа санитарной охраны (ст. 64).

В статье 65 подробно рассмотрены положения о водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах (см. гл. 11).

Согласно статьи 66, к особо охраняемым водным объектам относятся те, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение. Их статус, режим особой охраны и границы территорий устанавливаются в соответствии с законодательством об особо охраняемых природных территориях.

Последняя 67-я статья посвящена оценке зон экологических бедствий и чрезвычайных ситуаций на водных объектах, предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий. При этом подчеркнуто, что «на территориях, подверженных затоплению, размещение новых поселений, кладбищ, скотомогильников и строительство капитальных зданий, строений, сооружений без проведения специальных защитных мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод **запрещаются**».

Согласно статье 68 (глава 7) лица, виновные в нарушении водного законодательства, несут административную или уголовную ответственность. При этом они не освобождаются от обязанности устранить допущенное нарушение и возместить причиненный вред в добровольном или судебном порядке (ст. 69).

Для обеспечения эффективной охраны трансграничных водных объектов необходимы усилия сопредельных государств при

условии сочетания национальных природоохранительных мер с учетом международных мероприятий в области охраны водных объектов.

Воды являются важнейшим компонентом окружающей природной среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом, используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на ее территории, обеспечивают экономическое, социальное, экологическое благополучие населения, существование животного и растительного мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авакян А.Б.* Водохранилища и окружающая среда // Водные проблемы на рубеже веков. – М.: Наука, 1999, с. 217–226.
2. *Арсеньев Г.С.* Основы управления гидрологическими процессами. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 228 с.
3. *Бедрицкий А.И., Хамитов Р.З., Шикломанов И.А., Зекцер И.С.* Водные ресурсы России и их использование в новых социально-экономических условиях с учетом возможных изменений климата // VI Всероссийский гидрологический съезд. Пленарные доклады. – М.: Гидрометеоиздат, 2008, с. 5–21.
4. *Бринкен А.О.* Экологические аспекты деятельности нефтегазового комплекса в Арктике. – СПб., 2004. – 200 с.
5. *Владимиров А.М.* Гидрологические аспекты экологии // Труды ЛГМИ, 1990, вып. 107.
6. *Владимиров А.М., Ляхин Ю.И. и др.* Охрана окружающей среды: Учебник. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 159–265.
7. *Владимиров А.М., Орлов В.Г., Сакович В.М.* Экологические аспекты использования и охраны водных ресурсов (вод суши). – СПб.: изд. РГГМУ, 1997. – 126 с.
8. Водные объекты Санкт-Петербурга. – СПб., 2002, с. 6–34.
9. Водный кодекс РФ. – М., 2008. – 58 с.
10. Воды России. Водно-ресурсный потенциал. ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: «Аква-Пресс», 2000. – 420 с.
11. «Воды России», 1995 (состояние, использование, охрана), РосНИИВХ. – Екатеринбург: Виктор, 1996. – 103 с.
12. *Гальцова В.В., Дмитриев В.В.* Практикум по водной экологии и мониторингу состояния водных систем. – СПб.: изд. СПбГУ, 2007. – 340 с.
13. *Демин А.П.* Тенденции использования и охраны водных ресурсов в России // Водные ресурсы, 2000, т. 27, № 6, с. 735–754.
14. *Зенин А.А., Белоусова Н.В.* Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 240 с.
15. *Кондратьев К.Я. и др.* Глобализация и устойчивое развитие. Экологические аспекты. – СПб.: Наука, 2005. – 241 с.
16. *Коскин С.С. и др.* Экологическое состояние и мониторинг водных объектов; охрана пресных вод от загрязнения и истощения // VI Всероссийский гидрологический съезд. Пленарные доклады. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2008, с. 58–65.
17. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 174 с.
18. Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду. – СПб., 2003. – 94 с.
19. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2004. – М., 2004.

20. *Орлов В.Г.* Проблема истощения водных ресурсов и подход к ее решению // Сб. трудов международной школы-конференции «Изменение климата и окружающая среда». – СПб.: изд. РГГМУ, 2005, с. 118–125.
21. *Орлов В.Г., Сакович В.М.* Практикум по оценке рационального использования и охраны водных ресурсов. – СПб.: изд. ЛГМИ, 1995. – 40 с.
22. *Орлов В.Г., Трушевский В.Л.* Экологические аспекты водопользования. – СПб.: изд. СПбГУ, 1999. – 184 с.
23. *Орлов В.Г.* Гидроэкологический словарь в области использования и охраны водных ресурсов, экологии поверхностных вод. – СПб.: изд. РГГМУ, 1998. – 100 с.
24. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные определения. ГОСТ 17.1.1.01-77.
25. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. ГОСТ 17.1.1.02-77.
26. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения. ГОСТ 17.1.3.13–86.
27. Охрана окружающей среды. Постатейный комментарий к Закону России. – М.: Республика, 1993. – 224 с.
28. *Петров В.В.* Экологическое право России. – М.: БЕК, 1995. – 558 с.
29. *Потапов А.И., Воробьев В.Н., Карлин Л.Н., Музалевский А.А.* Мониторинг, контроль, управление качеством окружающей среды. – СПб.: изд. РГГМУ, ч. 1, 2002. – 400 с., ч. 2, 2004. – 600 с., ч. 3, 2005. – 290 с.
30. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 638 с.
31. Рекомендации: Расчет поступления биогенных элементов в водоемы для прогноза их ефтрофирования и выбора водоохранных мероприятий. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 48 с.
32. Руководство по организации контроля состояния природной среды в районе расположения АЭС. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990.
33. *Румянцев В.А., Игнатьева Н.В.* Система ранней диагностики кризисных экологических ситуаций на водоемах. – СПб.: ВВМ, 2006. – 148 с.
34. Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. – М.: Наука, 2001. – 241 с.
35. УК о государственной стратегии РФ по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития от 4 февраля 1994 г.
36. Усовершенствованные Методические рекомендации по оперативному прогнозированию распространения зон опасного аварийного загрязнения в водотоках и водоемах, а также уровней содержания в воде основных загрязняющих веществ. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992.
37. *Шахов И.С.* Водные ресурсы и их рациональное использование. – Екатеринбург: Аква-Пресс, 2000. – 289 с.
38. *Шахов И.С., Черняк В.Я.* Экологические ограничения использования стока рек //Мелиорация и водное хозяйство, 2000, № 2, с. 37–38.
39. *Фащевский Б.В.* Основы экологической гидрологии. – Минск, 1996. – 240 с.

CONTENT

Preward 3
Introduction 5
1. Water ecological systems and components 10
1.1. Water environment and hydroecological systems 10
1.2. River and floodplain hydroecosystems 16
1.3. Lake hydroecosystems 19
1.4. Swamp hydroecosystems 23
1.5. Reservoir as a water ecosystem 25
1.6. Hydroecological peculiarities of channels 28
2. Classification of water streams and bodies in terms of their protection ... 30
3. Water resources as an object of protection 43
3.1. Connection of terms "water resources", "ecology" and "protection of water objects" 43
3.2. Distribution of water resources over the territory of the Russia 47
3.3. Surface water usage 50
3.4. Anthropogenic pressure on water resources 80
3.5. Protection of small rivers 87
4. Chemical elements in natural waters 90
5. Принципы нормирования качества воды в водных объектах 98
5.1. Definition of the water objects' quality criteria 101
5.2. Types of ecological regulations 106
5.3. Natural indicators of water quality in the natural water classifications 106
6. Methods of the surface water quality assessment 115
6.1. Criteria used for assessing the surface water quality 115
6.2. Assessment of water quality using hydrochemical indicators 119
6.3. Hydrobiological water quality assessment 122
6.4. The system of integral indicators used for the surface waters pollution assessment 125
6.5. Computation of the waste water maximum permissible discharge in water objects (MPD) 136
7. Monitoring of water objects and environmental protection at industrial enterprises 141
7.1. Definition, goals and tasks of hydroecological monitoring 141
7.2. Organisation of observation and quality control of surface waters 145
7.3. Environmental protection at an industrial enterprise 156
8. Processes of the water objects self-purification and waste waters dissolving 159
8.1. Self-purification of water objects 159
8.2. Waste waters dissolving 161
9. Protection of surface waters from wasting 163
10. Protection of water objects from exhausting 169

11. Water protection zones 176
12. Assessment of effectiveness of water protection measures 184
13. Ecological expertise applied in water protection 190
13.1. Principles of ecological expertise 190
13.2. Federal ecological control 192
13.3. Ecological expertise 193
13.4. Basic ecological requirements used in planning and development of water related activities and water consumption 200
13.5. Ecological control 203
13.6. Extra-ordinary ecological situations and особо охраняемые природные объекты 204
14. Juridical fundamentals of the water objects protection 208
References 214

Учебное издание

Анатолий Михайлович Владимиров,
Вадим Георгиевич Орлов

ОХРАНА И МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СУШИ

Учебник

Редакторы: И. Г. Максимова, Л.В. Ковель
Компьютерная верстка: Н.И. Афанасьевой

ЛР № 020309 от 30.12.96

Подписано в печать 02.11.09. Формат 60×90 1/16. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,75. Тираж 350 экз. Заказ № 43/09.
РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
ЗАО «НПП «Система», 197045, Санкт-Петербург, Ушаковская наб., 17/1.