

Департамент экологии и природопользования Кировской области
ФГБОУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет»

Серия тематических сборников и DVD-дисков
«Экологическая мозаика»

Сборник 3

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ



«Вятка - территория экологии»

Департамент экологии и природопользования Кировской области ФГБОУ
ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет»

**Серия тематических сборников и DVD-дисков
«Экологическая мозаика»**

Сборник 3

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ



Учебно-методическое пособие

**Киров
2012**

УДК 502
ББК 28.082
В 62

Печатается по решению Координационно-методического совета по
экологическому образованию, воспитанию и просвещению населения

Кировской области

Составители – **С.Ю. Огородникова, Н.М. Зимонина**

Под общей редакцией Т.Я. Ашихминой, И.М. Зарубиной,
Л.В. Кондаковой, Е.В. Рябовой

В 62 Водные ресурсы: учебно-методическое пособие. / сост.
С.Ю. Огородникова, Н.М. Зимонина. – Киров: ООО «Типография «Старая
Вятка», 2012. – 95 с.: ил. - (Серия тематических сборников и DVD-дисков
«Экологическая мозаика». Сборник 3)

ISBN 978-5-91061-304-5 (Сб. 3)

ISBN 978-5-91061-301-4

В сборнике собраны материалы по водным ресурсам, представлена характеристика водных объектов, показателей качества воды, а также дана оценка состояния водных объектов в Кировской области, приведены мероприятия по охране водных ресурсов.

Материалы, представленные в данном сборнике, могут быть использованы в образовательном и воспитательном процессе при обучении учащихся экологии, методам экологических исследований окружающей природной среды своей местности.

Разработка серии тематических сборников и DVD-дисков «Экологическая мозаика» выполнена в рамках научно-исследовательской работы «Разработка современных технологий формирования экологической культуры населения» в процессе реализации пилотного проекта по развитию системы экологического образования и просвещения «Вятка - территория экологии».

Пилотный проект был разработан по поручению Губернатора Кировской области Н.Ю. Белых департаментом экологии и природопользования Кировской области при активном участии Координационно-методического совета по экологическому образованию, воспитанию и просвещению населения Кировской области.

Подготовка и издание сборника осуществлены за счет средств ведомственной целевой программы «Обеспечение охраны окружающей среды и рационального природопользования в Кировской области» на 2012-2014 годы.

ISBN 978-5-91061-304-5 (Сб. 3)

ISBN 978-5-91061-301-4

© Департамент экологии и природопользования Кировской области, 2012

© Вятский государственный гуманитарный университет (ВятГУ), 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Состав и свойства воды	5
1.1. Свойства воды и гипотезы ее происхождения	5
1.2. Классификация природных вод	8
1.3. Состав природных вод	10
1.3.1. Формирование химического состава природных вод.....	10
1.3.2. Минерализация воды.....	13
1.3.3. Жесткость воды.....	16
1.3.4. Содержание ионов водорода, величина рН	19
2. Водные ресурсы	21
2.1. Мировые запасы воды.....	21
2.2. Ресурсы гидросферы	21
2.2.1. Поверхностные воды.....	22
2.2.1.1. Водоемы	22
2.2.1.2. Водотоки.....	29
2.2.2. Подземные воды	32
2.3. Обеспеченность водными ресурсами	33
3. Водопользование и его последствия	35
3.1. Антропогенные воздействия на водные объекты	35
3.2. Последствия антропогенных воздействий на водные объекты.....	37
4. Проблема загрязнения воды	39
4.1. Показатели качества воды	39
4.2. Загрязнение водных объектов	42
4.2.1. Сточные воды	42
4.2.2. Характеристика загрязняющих веществ.....	45
4.2.3. Эвтрофирование водоемов	51
5. Мероприятия по охране и регулированию использования вод	56
5.1. Способы снижения антропогенной нагрузки на водные объекты	56
5.2. Методы очистки воды	58
5.2.1. Механические методы очистки воды	58
5.2.2. Физико-химические и химические методы очистки воды.....	59
5.2.3. Биологические методы очистки сточных вод, активный ил.....	61
6. Водные ресурсы Кировской области	63
6.1. Характеристика водных ресурсов Кировской области	63
6.1.1. Поверхностные воды Кировской области	64
6.1.2. Подземные воды Кировской области.....	72
6.2. Состояние водных объектов в Кировской области.....	73
7. Методические материалы по водным ресурсам	77
7.1. Вода простая и таинственная	77
7.2. Интересные факты о воде.....	82
7.3. Музей воды	84
7.4. Урок по теме «Загрязнители воды и способы её очистки».....	87
7.5. Кроссворд по теме «Мировой океан»	92
Библиографический список	94

ВВЕДЕНИЕ

Вода – самое распространенное вещество на нашей планете. Запасы воды практически безграничны, гидросфера занимает более 70% поверхности Земли. Благодаря особым, аномальным свойствам, вода определяет климат, играет важную роль в круговороте веществ, необходима для протекания обменных процессов в живых организмах. Вода - уникальное вещество, это одно из самых изученных соединений, но есть еще много вопросов о воде, ответы на которые мы не знаем.

В данном учебном пособии обобщены основные вопросы, связанные с водой и водными ресурсами. В первой главе приведены свойства и состав вод, особое внимание уделено классификации природных вод и дана характеристика основных показателей качества воды, определяющих ее использование. Большой раздел посвящен характеристике водных ресурсов, приведены определения основных понятий, дана краткая характеристика водных объектов. Наибольшее внимание уделено тем водным объектам, которые встречаются в Кировской области. В третьей главе введено понятие водопользования, дана характеристика основных видов водопользования и их экологические последствия. Особое внимание в учебном пособии уделено проблеме загрязнения водных ресурсов, которая актуальна и носит глобальный характер. Приведены показатели качества воды, которые используются для комплексной оценки состояния поверхностных вод. В учебном пособии рассмотрены мероприятия по охране водных ресурсов, описана характеристика методов очистки воды. Отдельная глава посвящена водным ресурсам Кировской области, где приведена характеристика поверхностных и подземных вод, дана оценка состояния водных объектов. Методические материалы могут быть полезны при проведении учебных и внеклассных занятий.

Учебное пособие может использоваться педагогами в качестве дополнительных материалов при подготовке и проведении занятий по экологии, биологии и географии, а также учащимися при выполнении исследовательских и природоохранных работ.

Выражаем благодарность за помощь в подготовке сборника специалистам департамента экологии и природопользования Кировской области П.А. Горченко, Г.В. Кошкиной и Н.А. Шкабарне.

*С.Ю. Огородникова кандидат биологических наук,
доцент кафедры экологии ВятГГУ,
старший научный сотрудник лаборатории биомониторинга
Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ*

1. СОСТАВ И СВОЙСТВА ВОДЫ

1.1. Свойства воды и гипотезы ее происхождения

Вода (H_2O) – одно из самых распространенных на Земле химических соединений. Природные воды образуют океаны, моря, ледники, реки, озера, в виде паров присутствуют в атмосфере, проникают в почву и горные породы. Вода в биосфере – важнейшее составляющее живого вещества, без которого жизнь не возможна. Живые организмы в среднем на $2/3$ состоят из воды. Вода – простейшее и устойчивое соединение водорода с кислородом: 11,19% водорода и 88,81% кислорода (по массе).

Известны три изотопа водорода 1H – протий, 2H – дейтерий и 3H – тритий и три изотопа кислорода ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O . Природная вода на 99,73% состоит из 1H и ^{16}O , является легкой водой. На дне океанов обнаружена и тяжелая вода, состоящая из 2H и 3H (165 г на тонну). Организмы в такой воде не живут. При испарении в пар переходит легкая вода, неиспарившаяся вода обогащается более тяжелой водой с изотопами ^{17}O и ^{18}O [1, 2]. Лёгкую и тяжёлую воду иногда называют «живой» и «мёртвой» водой, соответственно.

Аномальные свойства воды [3]

Вода – самое удивительное вещество на нашей планете, она характеризуется рядом аномальных свойств, играющих важную роль в поддержании жизни на Земле.

Аномальный вид температурной зависимости плотности воды. Наибольшую плотность вода имеет при $4\text{ }^\circ\text{C}$ (1 г/см^3), при $0\text{ }^\circ\text{C}$ плотность льда $916,8\text{ кг/м}^3$, а плотность воды – $999,968\text{ кг/м}^3$. Такая зависимость плотности воды от температуры позволяет сохраниться в холодные периоды всей водной биосфере. При температурах до $4\text{ }^\circ\text{C}$ плотность льда становится меньше плотности воды и лед всплывает. При дальнейшем охлаждении происходит перемешивание более плотной холодной воды и менее плотной теплой до тех пор, пока вся вода не достигнет $4\text{ }^\circ\text{C}$. Поверхностный слой становится легче глубинных слоев, и перемешивание воды прекращается, что приводит к образованию на поверхности воды льда, служащего тепловым барьером, защищающим гидросферу от переохлаждения.

Аномально высокая теплоемкость воды. Удельная теплоемкость воды выше, чем у всех твердых и жидких веществ, за исключением жидкого аммиака и водорода. Благодаря высокой теплоемкости воды океанов сглаживают колебания температуры, и перепад температур от экватора до полюса в Мировом океане не превышает $30\text{ }^\circ\text{C}$.

Аномально высокая энтальпия испарения. Высокое значение удельной энтальпии испарения приводит к тому, что большая часть солнечной энергии, достигающей Земли, расходуется на испарение воды, препятствуя перегреву ее поверхности. При конденсации паров воды в атмосфере происходит выделение этой энергии, которая может переходить в кинетическую энергию компонентов атмосферы, вызывая ураганные ветры.

Аномально высокое поверхностное натяжение воды приводит к появлению ряби и волн на водной поверхности уже при слабом ветре. В результате этого резко возрастает площадь водной поверхности и интенсифицируются процессы теплообмена между атмосферой и гидросферой. С высоким поверхностным натяжением воды связаны и капиллярные силы, благодаря действию которых вода способна подниматься на высоту до 10–12 м от уровня грунтовых вод.

Аномально высокое значение диэлектрической проницаемости. Высокая диэлектрическая проницаемость определяет самую большую растворяющую способность воды по отношению к веществам с полярной и ионной структурой. Поэтому в природе нет химически чистой воды, человек всегда имеет дело с растворами. Даже самые чистые атмосферные осадки над Антарктидой содержат до 5 мг/л растворенных солей. Содержание солей в дождевой воде с интенсивной вулканической деятельностью достигает 100 мг/л.

Гипотезы происхождения воды на Земле [4]

Существует несколько гипотез происхождения воды на Земле.

1. Первая гипотеза исходит из «горячего» происхождения Земли. Считается, что некогда Земля была расплавленным огненным шаром, который, излучая тепло в пространство, постепенно остывал. Появилась первородная кора, возникли химические соединения элементов и среди них соединение водорода с кислородом, или, проще говоря, вода. Пространство вокруг Земли все более заполнялось газами, которые непрерывно извергались из трещин остывающей коры. По мере охлаждения пары образовывали облачный покров, плотно окутавший нашу планету. Когда температура в газовой оболочке упала настолько, что влага, содержащаяся в облаках, превратилась в воду, пролились первые дожди. Тысячелетие за тысячелетием низвергались дожди. Они-то и стали тем источником воды, которая постепенно заполнила океанические впадины и образовала Мировой океан.

2. Вторая гипотеза исходит из «холодного» происхождения Земли с ее последующим разогревом. Разогрев стал причиной вулканической деятельности. Извергаемая вулканами лава выносила на поверхность планеты пары воды. Часть паров, конденсируясь, заполняла океанические впадины, а часть образовала атмосферу. Как теперь подтверждено, главной ареной вулканической деятельности на первых стадиях эволюции Земли действительно являлось дно современных океанов. Согласно этой гипотезе вода содержалась уже в той первичной материи, из которой сложилась наша Земля. Подтверждением такой возможности является наличие воды в падающих на Землю метеоритах. В «небесных камнях» ее до 0,5%. На первый взгляд мизерное количество.

3. Третья гипотеза также исходит из «холодного» происхождения Земли с последующим ее разогревом. На какой-то стадии разогрева в мантии Земли на глубинах 50–70 км из ионов водорода и кислорода начал возникать водяной

пар. Однако высокая температура мантии не позволяла ему вступать в химические соединения с веществом мантии. Под действием гигантского давления пар выжимался в верхние слои мантии, а затем и в кору Земли. В коре более низкие температуры стимулировали химические реакции между минералами и водой, в результате разрыхления пород, образовались трещины и пустоты, которые немедленно заполнялись свободной водой. Под действием давления воды трещины раздавались, превращались в разломы, и вода через них устремлялась на поверхность. Так возникли первичные океаны.

4. Четвертая гипотеза. Предполагает космическое происхождение воды. Дело в том, что на Землю из космоса непрерывно низвергается ливень электрически заряженных частиц. И среди этих частиц изрядную долю составляют протоны – ядра атомов водорода. Пронизывая верхние слои атмосферы, протоны захватывают электроны и превращаются в атомы водорода, которые тут же вступают в реакцию соединения с кислородом атмосферы. Образуются молекулы воды. Расчет показал, что космический источник способен дать почти 1,5 тонны воды в год, и эта вода в виде осадков достигает земной поверхности. Полторы тонны в год по глобальным меркам – ничтожное количество. Но следует иметь в виду, что образование космической воды началось одновременно с возникновением планеты, т. е. 5–7 миллиардов лет назад, да и во все ли эпохи Земля получала из космоса только полторы тонны в год? Не случалось ли в доисторические времена подлинных потопов от космических водяных дождей? Не заливала ли тогда вода нашу планету до самых вершин первозданных горных хребтов, а уж позднее частично ушла в недра Земли, и на поверхности остались лишь знакомые нам океаны? У этой гипотезы противников значительно больше, чем сторонников.

5. Гипотеза академика А.П. Виноградова исходит из того, что первоисточником воды на Земле являются глубинные воды, образующиеся за счет дифференциации вещества внутри планеты, выделения и миграции из глубин легкоплавких и легколетучих компонентов, содержащих в своем составе молекулы H_2O . Современное изучение состава магмы, извергаемой вулканами из глубин, подтверждает, что последняя действительно содержит от 5 до 12% воды.

По данным А.П. Виноградова, объем воды мантии Земли составляет 20 млрд $км^3$, или в 15 раз больше общего объема гидросферы. Если учесть, что наша планета первоначально представляла собой газообразное и жидкое тело, то указанного количества воды было достаточно для образования водной оболочки Земли.

За счет определенных термодинамических условий и физико-химических процессов происходило образование молекул воды, которая, пробиваясь на поверхность, формировалась в Мировой океан. Испаряясь с поверхности океана, вода в виде облаков попадала в атмосферу, а затем, конденсируясь, выпадала в виде осадков на поверхность Земли, образуя таким образом общий круговорот. Так, по мнению ученых, формировалась земная гидросфера.

По мнению некоторых ученых, ежегодный прирост объема гидросферы за счет выноса воды из мантии Земли составляет около 1 км³. Об этом свидетельствует систематический подъем уровня воды в океане.

1.2. Классификация природных вод

Природная вода – сложная дисперсная система, содержащая множество разнообразных минеральных и органических примесей.

Уже несколько столетий разрабатываются системы классификации природных вод и способы как можно более краткой характеристики качества воды (индекс качества воды). Выделено 625 и даже более классов, групп, типов и разновидностей вод. В. И. Вернадский считал, что число видов природных вод больше 1500 единиц [5]. В словаре-справочнике Н.Ф. Реймерса [6] рассматриваются следующие виды воды:

– *вода артезианская* – вода, залегающая между водоупорными слоями и образующая водонапорные подземные бассейны. При избыточном гидростатическом давлении она изливается на поверхность или фонтанирует;

– *вода очищенная* – вода, доведенная до содержания в ней количества примесей, не превышающего естественного фона или допустимой величины;

– *вода питьевая* – вода, в которой показатели бактериальных, органолептических свойств и степени токсичности химических веществ находятся в пределах норм питьевого водоснабжения;

– *вода промышленная* – вода, ресурсы и состав компонентов которой достаточны для извлечения этих компонентов в промышленных масштабах.

Промышленными являются воды, содержащие поваренную соль, соду и другие компоненты. Извлечение поваренной соли из рассолов подземных вод проводилось в России еще в древние века в районах распространения пермских отложений (Кировская, Пермская области и др.); названия многих населенных пунктов – Соль-Вычегодск, Соликамск и др. – свидетельствуют о былом процветании соляного промысла в этих местах. Сода в промышленных количествах обычно содержится в нефтяных водах, откуда и извлекается [19]. В некоторых случаях подземные воды содержат в растворенном виде и другие вещества (бор, литий, никель, мышьяк, медь и др.), которые могут извлекаться из растворов. Наиболее изученными являются промышленные йодные и бромные воды. Характерная особенность йодо-бромных вод состоит в том, что они являются рассолами высокой концентрации;

– *вода техническая* – вода, кроме питьевой, минеральной и промышленной, пригодная для использования в народном хозяйстве. Под этим термином принято понимать воду, потребляемую промышленными предприятиями в качестве теплоносителя и охлаждающего агента, технологического компонента в производственных цехах и для вспомогательных нужд [39]. В зависимости от характера производства и назначения вода должна удовлетворять разным требованиям и подвергаться соответствующей

Гидрохимическая классификация воды

Большое значение для научной и хозяйственной классификации имеет химический состав природных вод, отличающийся огромным разнообразием.

Вода гидросферы представляет собой природный раствор, в котором кроме воды присутствуют соли, газы и организмы. Вода – прекрасный растворитель. Благодаря тому, что молекулы воды – диполи, т. е. вода – полярное соединение, она взаимодействует почти со всеми веществами. Как только кристалл вещества попадает в воду, молекулы воды так энергично с ним взаимодействуют, что ионы кристалла отрываются от кристаллической решетки и переходят в воду. Именно поэтому все природные воды - растворы, даже в дождевой воде содержатся соли. Универсальная растворяющая способность воды обеспечивает перенос вещества в географической оболочке. Огромна роль химического воздействия воды в развитии материков, в обмене веществ между материком и океаном. Чистая вода, благодаря своей высокой растворяющей способности, была бы вредна для организмов, именно содержание солей благотворно действует на живые организмы. Лишенная солей вода (дистиллированная) вообще считается вредной, так как она понижает осмотическое давление внутри клетки [7].

По составу солей (классификация О.А. Алекина), природные воды подразделяются [3]:

– по преобладающему аниону на три *класса*: гидрокарбонатные и карбонатные (HCO_3^- ; CO_3^{2-}), сульфатные (SO_4^{2-}); хлоридные (Cl^-);

– по преобладающему катиону каждый класс делится на три *группы*: кальциевые (Ca^{2+}), магниевые (Mg^{2+}), натрий-калиевые (Na^+ - K^+).

Каждая группа в свою очередь подразделяется на четыре *типа* вод, определяемых соотношением между содержанием ионов в процентах в пересчете на количество вещества эквивалента (рис. 1).

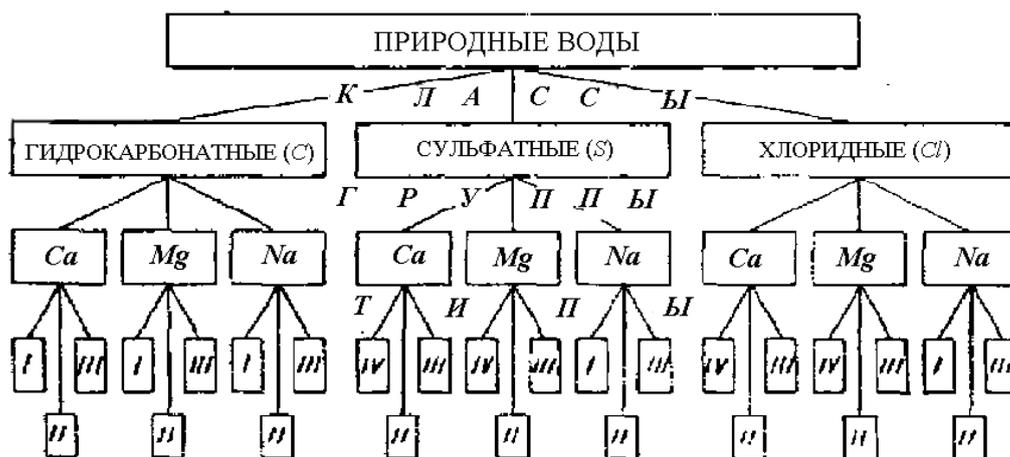


Рис. 1. Классификация природных вод по их химическому составу по О.А. Алекину

Воды I типа являются маломинерализованными. Воды II типа смешанные, к ним относятся воды большинства озер, рек и подземные воды с малой и умеренной минерализацией. Воды III типа метаморфизированные, включают

часть сильноминерализованных природных вод, это воды морей, океанов, морских лиманов, реликтовых водоемов. К IV типу относятся кислые – болотные, шахтные, вулканические или воды сильно загрязненные промышленными стоками [3].

1.3. Состав природных вод

1.3.1. Формирование химического состава природных вод [8]

Формирование химического состава природных вод определяют в основном две группы факторов:

– прямые факторы, непосредственно воздействующие на воду (т. е. действие веществ, которые могут обогащать воду растворенными соединениями или, наоборот, выделять их из воды): состав горных пород, живые организмы, хозяйственная деятельность человека;

– косвенные факторы, определяющие условия, в которых протекает взаимодействие веществ с водой: климат, рельеф, гидрологический режим, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия и пр.

В табл. 1 приведен перечень факторов, оказывающих влияние на формирование химического состава природных вод.

Таблица 1

Факторы формирования химического состава природных вод

Факторы формирования и результаты их воздействия	Виды природных вод		
	Атмосферные осадки (дождь, снег, иней, град)	Поверхностные воды суши (реки, ручьи, озера, болота)	Подземные воды
1	2	3	4
Прямые факторы формирования	Почвы, породы, растения, соли солончаков, соли с поверхности льда, деятельность человека, космическая пыль, разряд атмосферного электричества (оксиды азота), вулканические газы, пыль	Атмосферные осадки, почвы, породы, растения, подземные воды, сточные воды (промышленные, сельскохозяйственные, хозяйственно-бытовые)	Поверхностные воды, почвы, породы, физико-химические процессы (растворение - осаждение, сорбция - десорбция и др.)
Результаты воздействия прямых факторов на	Переход в растворимое состояние солей: поступление в	Поступление химических веществ в различных формах: взвешенные,	Поступление химических веществ в растворенной

1	2	3	4
состав воды	атмосферу и образование в ней твердых и жидких аэрозолей и газов	коллоидные, растворенные (ионы, комплексные соединения, недиссоциированные соединения)	форме, осаждение в результате физико-химических процессов
Косвенные факторы формирования	Климат	Климат, рельеф, растительность, водный режим	Климат, рельеф, геологические условия, глубина залегания, температура и давление
Результат воздействия косвенных факторов на состав воды	Обогащение атмосферных осадков химическими веществами в различных концентрациях в зависимости от климатических условий и интенсивности антропогенного воздействия в регионе	Дифференциация поступления химических веществ в поверхностные воды в пространстве (географическая, климатическая зональность) и во времени (гидрохимический режим)	Изменение химического состава воды по концентрации (минерализация) и соотношению компонентов (относительный состав)

По характеру своего воздействия факторы, определяющие формирование химического состава природных вод, можно разделить на группы:

- физико-географические (рельеф, климат, выветривание, почвенный покров);
- геологические (состав горных пород, тектоническое строение, гидрогеологические условия);
- физико-химические (химические свойства элементов, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия, смешение вод и катионный обмен);
- биологические (деятельность растений и живых организмов);
- антропогенные (все факторы, связанные с деятельностью человека).

Химический состав вод по источникам

В океанической воде обнаружены практически все элементы, но содержание их весьма различно. В океане резко преобладают хлор и натрий. В Мировом океане концентрация растворенных веществ в среднем в 175 раз превышает таковую в реках и озерах. В речных и озерных водах преобладают

гидрокарбонаты кальция и магния в этом главное отличие морской воды от речной. Состав речной и озерной воды зависит главным образом от типа почвы и горных пород, через которые она проходит, а также от типа источника питания в виде поверхностного стока или грунтовых вод: обычно в грунтовой воде содержание растворенных веществ больше, чем в водах поверхностного стока [1, 3].

Средний ионный состав океанской и пресной воды дан в табл. 2, состав озерных и речных вод – в табл. 3 и 4 [9].

Таблица 2

Средний ионный состав (в %) морской и пресной воды

Растворенные вещества	Океан	Пресные воды
1	2	3
CO_3^{2+}	0,41	35,15
SO_4^{2-}	7,68	12,14
Cl^-	55,04	5,68
NO_3^+	–	0,90
Ca^{2+}	1,15	20,39
Mg^{2+}	3,69	3,41
Na^{2+}	30,62	5,79
K^{2+}	1,10	2,12
$(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_3$	–	2,75
SiO_2	–	11,67
$\text{Sr}^{2+}, \text{H}_3\text{BO}_3, \text{Br}^-$	0,31	–

Таблица 3

Средний состав (в %) озерных вод

Главные компоненты (концентрации $> 1 \text{ мг л}^{-1}$)		Микрокомпоненты (концентрации $< 1 \text{ мг л}^{-1}$)		Следовые вещества (мкг л^{-1})
$\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$	64	NO_3^-	73	Cu
$\text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$	17	HPO_4^{2-}	16	Co
$\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$	16	HSiO_3^-	10	Mo
K^+	3			Mn
$\text{H}^+ + \text{F}^-$				Zn
Fe^{2+}				B
NH_4^{2+}				V

Средний состав речных вод по континентам приведен в табл. 4.

Таблица 4

Средний состав речных вод (мг/л)

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Сумма
Северная Америка	21,0	5,0	9,0	1,4	68,0	20,0	8,0	1,0	0,16	9,0	142
Южная Америка	7,2	1,5	4,0	2,0	31,0	4,8	4,9	0,7	1,4	11,9	69
Европа	31,1	5,6	5,4	1,7	95,0	24,0	6,9	3,7	0,8	7,5	182
Азия	18,4	5,6	5,5	3,8	79,0	8,4	8,7	0,7	0,01	11,7	142
Африка	12,5	3,8	11,0	0,0	43,0	13,5	12,1	0,8	1,3	23,2	121
Австралия	3,9	2,7	2,9	1,4	31,6	2,6	10,0	0,05	0,3	3,9	59
Весь мир	15,0	4,1	6,3	2,3	58,4	11,2	7,8	1,0	0,67	13,1	120

1.3.2. Минерализация воды

В гидрохимии под *минерализацией воды* понимают сумму всех найденных при анализе минеральных веществ. В океанологии вместо минерализации употребляется термин *соленость*.

Минерализация является важным критерием для определения пригодности воды для питья. Оптимальной считается вода с содержанием сухого остатка 300–500 мг/л. Физиологически полноценной признана питьевая вода с содержанием сухого остатка от 100 до 1000 мг/л.

Общая минерализация – суммарное содержание растворенных минеральных веществ в воде, определяется как сумма сухих солей (сухой остаток) после выпаривания и выражается в мг/л, г/л, г/кг, мг/дм³ (1 дм³ = 1 литру, л), или в тысячных долях – промилле (S‰).

Согласно стандарту, для питьевой воды она не должна быть более 1 г/л [10]. Однако не во всех случаях удается обеспечить население водой такой невысокой минерализации. В некоторых районах пьют воду более минерализованную без какого-либо вреда для здоровья.

В зависимости от степени минерализованности выделяют следующие категории природных вод (табл. 5) [8].

Таблица 5

Классификация вод по минерализации

Категория вод	Минерализация, г/дм ³
Ультрапресные	<0,2
Пресные	0,2–0,5
Воды с относительно повышенной минерализацией	0,5–1,0
Солоноватые	1,0–3,0
Соленые	3–10
Воды повышенной солености	10–35
Рассолы	>35

Минерализацию (или сумму всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ) природных вод создают обычно ионы немногих солей: хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты натрия, магния, кальция.

Минерализация воды – один из важных показателей воды для здоровья человека. Приведем некоторые сведения о значении хлоридов натрия в пищевом рационе человека.

Содержание хлористого натрия в жидкостях и тканях тела преобладает над другими минеральными соединениями. В плазме крови содержится 0,85% NaCl. Осмотическое давление плазмы крови, равное 7,6–8,1 атм, возникает в основном за счет растворенной в ней поваренной соли. Благодаря осмотическому давлению соль удерживает воду. При повышенном содержании соли в организме растет объем тканевой жидкости и плазмы крови. Оба эти фактора способствуют повышению артериального давления. Наоборот, усиленное выведение соли приводит к обеднению организма водой и к падению артериального давления. Избыточный прием соли с пищей вызывает перегрузку регуляторных механизмов, что способствует стойкому повышению артериального давления.

Приведем примеры. В 1954 г. в одном из сельских районов Закарпатья обнаружена высокая заболеваемость гипертонической болезнью у членов некоторых семей. Определили содержание хлоридов натрия в воде колодцев, из которых берут воду эти семьи. Установлено, что содержание NaCl здесь в 10 раз превышало содержание его в других колодцах. Другие исследователи тоже полагают, что высокий уровень артериального давления у населения, как правило, объясняется потреблением чрезмерного количества NaCl. Следовательно, при оценке питьевой воды повышенной минерализации надо учитывать, какие соли в ней играют доминирующую роль. Физиологическое влияние сульфатных солей, очевидно, будет иным.

Минеральные воды

К «минеральным», относятся питьевые, промышленные и термальные воды. Всех их объединяет *происхождение*: то есть минеральные воды - это воды, добытые или вынесенные на поверхность из земных недр и содержание солей более 1 г/л [11]. На рис. 2 приведена классификация минеральных вод.

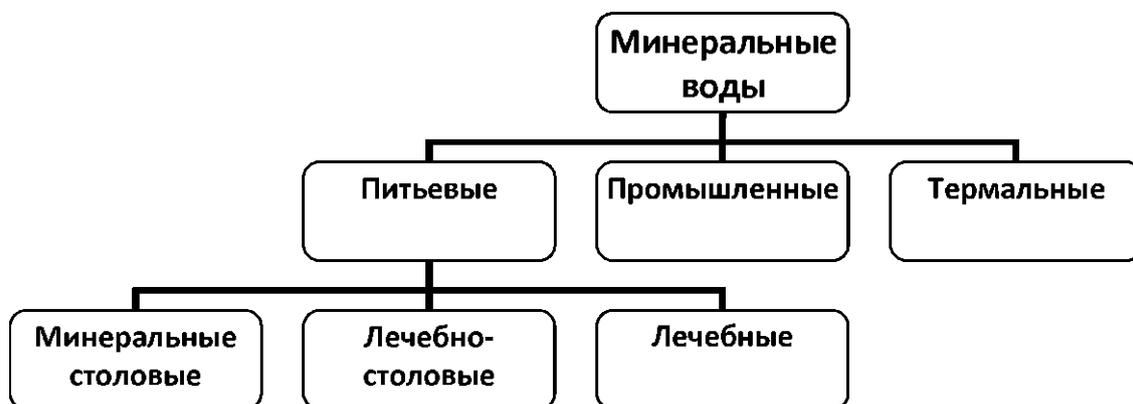


Рис. 2. Классификация минеральных вод

Согласно ГОСТ 13273-88 питьевые воды подразделяет на группы от I до XXXI. К питьевой (пресной, столовой) воде относятся воды с минерализацией менее 1 г/л.

Питьевые минеральные воды в зависимости от степени минерализации и интенсивности воздействия на организм разделяют [11]:

- на *минеральные столовые* с минерализацией 1–2 г/л;
- на *лечебно-столовые* с минерализацией 2–8 г/л (исключением являются Эссендуки № 4 с минерализацией 8–10 г/л);
- на *лечебные воды* с минерализацией 8–12 г/л, редко выше. *Минеральные столовые воды* безопасны для употребления и могут широко использоваться в быту.

Лечебно-столовые воды – наиболее широко распространенный тип минеральной воды. Лечебные свойства таких вод проявляются только при их правильном использовании. Самолечение с помощью такой воды может привести к значительному нарушению солевого баланса в вашем организме, а также к резкому обострению имеющихся хронических заболеваний.

Для того, чтобы лечебно-столовая вода принесла пользу и не заставила вас обращаться к врачу с какими-либо недомоганиями, проконсультируйтесь с ним заранее и узнайте: как, сколько и когда употреблять эту воду.

В России *лечебными минеральными водами* называются природные воды, которые содержат в повышенных концентрациях те или другие минеральные (реже органические) компоненты и газы и(или) обладают какими-нибудь физическими свойствами (радиоактивность, реакция среды и др.), благодаря чему эти воды оказывают на организм человека лечебное действие в той или иной степени, которое отличается от действия «пресной» воды [11]. Применение лечебных минеральных вод без согласования с врачом может представлять опасность для здоровья. Поэтому, если Вы увидели на этикетке, что минерализация воды более 8 г/л, то не спешите наливать себе эту воду в стакан. Сначала посоветуйтесь со своим врачом.

На этикетке любой минеральной воды должны быть приведены её тип, общая минерализация, содержание главных ионов и специфических компонентов. Если хотя бы один из этих параметров не указан, к такой воде нужно относиться с недоверием. Если состав воды указан с большой точностью (имеется конкретная цифра, а не цифры через чёрточку - «пределы колебаний»), значит, анализ проводили всего один раз, ведь состав минеральных вод колеблется в определённых пределах. Проверить корректность состава минеральной воды, указанного на этикетке, довольно просто. Для этого достаточно сложить средние концентрации всех катионов, делённые на их молярные массы и умноженные на заряд. Таким образом, вы найдёте молярную концентрацию положительных зарядов. Затем то же самое нужно проделать для анионов. Если состав воды указан правильно, то найденные молярные концентрации положительных и отрицательных зарядов должны быть одинаковыми.

Минерализация подземных вод изменяется с глубиной, чем глубже под землёй расположен водоносный горизонт, тем минерализация воды выше.

С глубиной закономерно меняется и солевой состав подземных вод от гидрокарбонатно-кальциевого (преобладание ионов HCO_3^- , Ca^{2+}), до хлоридно-натриевого и сульфатно-натриевого. Например, на территории Кировской области воды древних каменноугольных и девонских отложений на глубинах 80–160 м представлены рассолами с минерализацией до 300 г/л.

1.3.3. Жесткость воды

Одной из важных характеристик природных вод, во многом определяющих возможности их использования человеком, является жесткость.

Жесткость – свойство воды, обусловленное содержанием в ней ионов кальция и магния.

Различают разные виды жесткости воды [3]:

– *общая жесткость* – равна сумме концентраций находящихся в воде катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} ;

– *карбонатная жесткость* – обусловлена присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния;

– *некарбонатная жесткость* – определяется, как разность значений общей и карбонатной жесткости и обусловлена наличием в воде солей сильных кислот кальция и магния (хлоридов, сульфатов, нитратов и т. д.);

– *устраняемая жесткость* – представляет собой часть карбонатной жесткости, которая удаляется при кипячении воды;

– *неустраняемая жесткость* – определяется как разность значений общей и устраняемой жесткости.

По величине общей жесткости природные воды принято делить на ряд групп (табл. 6).

Таблица 6

Классификация природных вод по величине жесткости

Жесткость, моль/м ³	Группа воды
< 1,5	Очень мягкая
1,3–3,0	Мягкая
3,0–5,4	Средней жесткости
5,4–10,7	Жесткая
> 10,7	Очень жесткая

Применение жестких вод оказывается весьма неэкономичным в целом ряде производств и процессов. Будучи слабым проводником тепла, накипь сильно снижает теплопроводность котла и вызывает поэтому непроизводительный расход топлива. Слой накипи даже в 1 мм вызывает перерасход топлива до 5%. При известных условиях накипеобразователи не осаждаются в виде плотных осадков, а образуют подвижные смеси (шлам). Шлам нарушает правильную циркуляцию воды в котле [12].

Жёсткость серьёзно мешает при использовании воды, не только в промышленности, но и в домашнем хозяйстве.

Если заглянуть внутрь чайника, в котором кипятят воду, на стенках можно увидеть жёлто-коричневый шершавый налёт - накипь, это, выпадающий в осадок карбонат кальция или магния. В водопроводной воде всегда присутствуют ионы двухвалентных металлов – кальция, магния и других, а также гидрокарбонат-ионы. Когда воду нагревают, между ними происходит реакция:

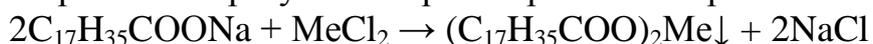


Символом «Me» обозначены Ca или Mg. Чтобы удалить накипь, достаточно залить чайник на ночь раствором столового уксуса (для экономии его можно разбавить в 2–3 раза, но тогда процесс будет идти дольше). Карбонаты медленно растворяются в уксусе:

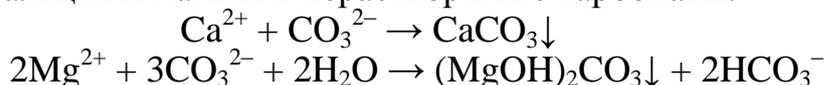
Для ускорения реакции уксус можно прокипятить в чайнике. Карбонаты кальция и магния – бесцветные, а коричневый цвет накипь приобретает за счёт примеси гидроксида железа (III), образующегося при окислении карбоната железа(II):

В жёсткой воде мыло плохо пенится. Убедиться в этом поможет простой опыт.

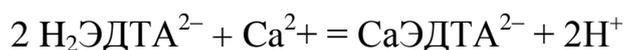
Сначала нужно приготовить жёсткую воду. Способов есть множество. Можно, например, развести в стакане водопроводной воды две столовые ложки продающегося в аптеках 10-процентного раствора хлорида кальция. Или в таком же количестве воды растворить чайную ложку морской соли – сложной смеси различных солей, в которой присутствуют соединения магния. А можно использовать и «готовую» жёсткую воду – кальциевую или магниевую минеральную. Растворим в жёсткой воде кусочек хозяйственного мыла размером с 2–3 спичечных головки и для сравнения такой же кусочек – в стакане обычной водопроводной воды. В обоих случаях получится мутный раствор. Теперь через трубочку или соломинку продуем в мыльные растворы воздух. В обычной воде появится пена, а в жёсткой – нет. Причина в том, что ионы двухвалентных металлов реагируют со стеаратом натрия, из которого состоит мыло. При этом образуются нерастворимые стеараты:



Чтобы соли не мешали образованию мыльной пены, нужно удалять любую жёсткость. Самый старый способ – добавление к воде соды Na_2CO_3 . Она связывает ионы кальция и магния в нерастворимые карбонаты:



Соду смешивают с мылом и получают простейший стиральный порошок, которому не страшна жёсткая вода. Иногда вместо соды используют фосфат натрия, также образующий с магнием и кальцием нерастворимые соединения. И карбонат, и фосфат натрия – довольно сильные основания, поэтому порошки на их основе лучше применять для стирки тканей из волокон растительного происхождения – льняных и хлопковых; белковые волокна, в первую очередь шерсть и шёлк, от таких порошков быстро разрушаются. Более щадящий, но и более дорогой способ умягчения воды – добавление динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты $\text{Na}_2\text{H}_2\text{ЭДТА}$ (трилона Б), которая образует с кальцием и магнием прочное комплексное соединение:



В моющих средствах для твёрдых поверхностей в качестве умягчителей используют цеолиты. Это алюмосиликаты, в кристаллической решётке которых есть пустоты, куда могут встраиваться ионы кальция и магния. Кроме того, цеолиты очень тверды и оказываются хорошими абразивами, т. е. механически счищают грязь. А ещё они легко адсорбируют многие органические вещества, которые нужно смывать с поверхностей. Поэтому добавление цеолитов в моющие средства «убивает сразу трёх зайцев».

Однако все описанные умягчители весьма ограниченно применимы в средствах для умывания. Сода и фосфат натрия плохи, поскольку, как и любые основания, медленно разрушают кожу; трилон Б - из-за свойства выводить из поверхностных слоев кожи соли кальция; цеолиты сдирают верхний слой кожи, как наждак. В лучших гигиенических средствах (мылах, шампунях, пенах для ванн и т. д.) избегают использования умягчителей. В них мыло заменяют веществами, которые не образуют с кальцием и магнием нерастворимых соединений. Это в первую очередь лаурилсульфат натрия $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{10}-\text{O}-\text{SO}_3\text{Na}$ и оксиэтилированные спирты и кислоты, например $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{11}-(\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-\text{OH}$.

Тем не менее умеренная жёсткость - обязательное качество для питьевой воды, поскольку из неё мы получаем часть кальция, необходимого организму. Вот почему жёсткость водопроводной воды приходится нормировать.

Жесткость воды, согласно введенному в настоящее время стандарту, выражается в миллимолях количества вещества эквивалента Ca^{2+} и Mg^{2+} , содержащихся в 1 л воды. Один ммоль/л жесткости соответствует 20,04 мг Ca^{2+} /л или 12,16 мг Mg^{2+} /л. Если в воде содержатся соли кальция и магния, то жесткость выражается суммой ммоль количества вещества эквивалентов Ca^{2+} и Mg^{2+} в 1 л воды.

Низкая минерализация воды, обусловленная недостатком макроэлементов, в частности кальция и магния, является самостоятельным фактором риска, способствуя развитию ряда хронических заболеваний, таких как рахит, остеопороз, кариес, сердечно-сосудистые заболевания, патология беременности и др. В частности, в регионах, снабжаемых «мягкой» водой, значительно (на 30–40%) повышен уровень заболеваемости гипертонической болезнью.

По российским стандартам содержание в питьевой воде ионов кальция и магния не должно превышать 3,5 ммоль/л [9]. Когда жёсткость воды в источнике превышает этот показатель, воду пропускают через специальные сложные органические вещества – ионообменные смолы, которые связывают ионы кальция и магния. В системах отопления и теплообмена карбонатную жесткость («временную»), иногда переводят в «постоянную», которая не мешает производственным процессам. Если к воде добавить какую-либо кислоту, она разрушит гидрокарбонаты. Тем самым временная жёсткость перейдёт в постоянную, и образование накипи будет предотвращено. Однако избыток кислоты может вызвать коррозию труб [37].

В Кировской области превышения гигиенических нормативов по общей жёсткости воды подземных источников водоснабжения отмечено в Верхошижемском, Вятскополянском, Санчурском, Слободском, Советском и Уржумском районах [13].

1.3.4. Содержание ионов водорода, величина рН

Водород – самый распространенный химический элемент во Вселенной. Тем не менее содержание ионов водорода в природных водах очень низкое. Только в сильно кислых водах концентрация его может достигать больших значений. Концентрация водородных ионов является важнейшей характеристикой природных вод, так как ионы H^+ играют исключительную роль в гидрохимических процессах. рН служит критерием для определения возможности существования в водных растворах многих компонентов (H_2S , SiO_3^{2-} , тяжелых металлов и пр.) [2].

Для правильного определения химического состава природных вод нужно знать концентрацию водородных ионов, или так называемую активную реакцию воды. Концентрацию водородных ионов выражают в виде их логарифмов, взятых с обратным знаком, и обозначают символом рН. Следовательно, $pH = -\lg (H^+)$. И кислую, и щелочную реакцию выражают концентрацией водородных ионов, так как их легче определять, чем концентрацию ионов гидроксильных. При $pH = 7$ реакция воды нейтральная, при $pH < 7$ – кислая, при $pH > 7$ – щелочная.

Понятие рН было впервые применено в 1909 году. Датский химик Серенсен ввел рН для обозначения силы (веса) водорода. Слово «пэ аш» рН происходит от первых букв двух латинских слов – *potentia hydrogeni*.

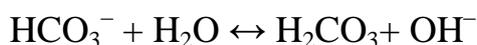
Знать эту величину необходимо для решения целого ряда теоретических и практических вопросов (оценки агрессивности природных вод, их корродирующей способности, содержания тяжёлых металлов и др.).

Величина рН в природных водах зависит от содержания в них различных форм угольной кислоты, от присутствия органических кислот, газов, микроорганизмов, от гидролиза солей и т. д. [2].

Для большинства природных вод рН определяется главным образом соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов. Угольная кислота в воде диссоциирует с образованием ионов H^+ :



В природной воде ионы HCO_3^- образуются в больших количествах в результате диссоциации гидрокарбонатов $Ca(HCO_3)_2$ и $Mg(HCO_3)_2$, которые, увеличивая концентрацию HCO_3^- , ведут к уменьшению H^+ (увеличению рН) в сторону щелочной реакции, т. е. появлению ионов OH^- , согласно уравнению гидролиза:

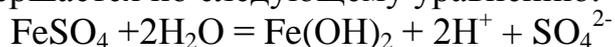


Поэтому для поверхностных вод, в которых содержание двуокиси углерода небольшое, характерна слабощелочная реакция.

Гумусовые кислоты, присутствующие в почвах (особенно кислых), в перегное лесной подстилки, а также в болотных водах, являются источниками

обогащения вод ионами водорода. Поэтому грунтовые воды лесной зоны имеют слабокислую реакцию.

Кислые воды образуются в результате гидролиза солей тяжелых металлов [24]. При окислении сульфидов получаются сульфаты железа, меди, свинца и других металлов, которые гидролитически расщепляются. Например, гидролиз сульфата железа совершается по следующему уравнению:



Подобный процесс развивается в зоне окисления сульфидов металлов и особенно характерен для шахтных и рудничных вод.

Самые основные значения pH:

- чистая вода имеет значение 7,0 pH;
- шампунь для волос – 5,5 pH;
- здоровая человеческая кожа – ориентировочно 6,5 pH;
- морская вода – 8,0 pH;
- жидкое мыло для рук – 9,0–10,0.

Значение показателя pH при рождении человека составляет практически 7,5, что говорит о слабощелочном характере внутренней среды организма. Такая среда является благоприятной для осуществления всех необходимых биохимических реакций, которые отвечают за нормальное функционирование организма малыша. С течением времени значение показателя кислотности снижается каждые 10 лет, примерно на одну десятую.

С уровнем pH связано множество явлений не только в жизни человека, но и в самой природе. К примеру, некоторые виды рыб могут жить только в воде, где уровень pH не ниже 5,5 и не выше 10. А вот организм человека менее чувствителен к уровню pH. Мы усваиваем пищу с самыми разными значениями pH. Знаменитая кока-кола имеет pH 2,3 – это, по сути, практически кислота, а томатный сок – 4,0. Питьевая вода выходит из-под крана в городских квартирах в диапазоне от 5,5 до 10. В каждой стране показатель pH воды различен, но находится под строгим наблюдением со стороны компетентных органов. Активная реакция питьевых вод (pH) должна находиться в пределах 6,5–9,5.

Уровень pH вполне можно изменять за счет добавления в воду определенных солей. Тот же гидрокарбонат кальция повышает уровень pH, а вот если речь идет о питьевой воде, то понизить уровень pH можно посредством использования обычных фильтров для воды.

Задания:

1. Почему воду называют самым уникальным веществом на Земле?
2. Перечислите свойства воды, которые могут влиять на ее использование в хозяйственной деятельности.
3. Почему не рекомендуют употреблять дистиллированную воду?
4. Ознакомьтесь с этикетками на бутылках с минеральной водой. Ответьте на вопросы: К каким типам принадлежит вода? Сколько содержится солей в литре воды?

2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

2.1. Мировые запасы воды

Общий объем (единовременный запас) водных ресурсов планеты Земля составляет около 1,4 млрд км³. Однако 98% (1,38 млрд км³) этого объема составляют соленые воды Мирового океана, и только 35 млн км (2,5%) составляют пресные воды, из них технически доступны для использования – всего 0,3% [1–3] (табл. 7).

Таблица 7

Мировые запасы воды

Вид природных вод	Объем, км ³	%, мировых запасов воды	%, мировых запасов пресных вод
Мировой океан	1 338 000 000	96,5	–
Подземные воды	23 400 000	1,7	–
Пресные подземные воды	10 530 000	0,76	30,1
Почвенная влага	165 000	0,001	0,05
Ледники и постоянный снежный покров	24 064 100	1,74	68,7
Воды в пресных озерах	91 000	0,007	0,26
Воды в соленых озерах	85 400	0,006	–
Воды в руслах рек	2 120	0,0002	0,006
Биологическая вода	1 120	0,0001	0,003
Вода в атмосфере	12 900	0,001	0,04
Общие запасы воды	1 385 984 610	100	-
Запасы пресной воды	35 029 210	2,53	100

2.2. Ресурсы гидросферы

Водные ресурсы – пригодные для использования в национальной экономике запасы вод суши, Мирового океана, подземных вод, запасы почвенной влаги, льдов, снежного покрова, и их энергия механическая и тепловая.

Водные ресурсы – поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы [14].

Водные ресурсы характеризуются вековыми запасами и возобновляемыми ресурсами.

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

К *возобновляемым водным ресурсам* ($\text{м}^3/\text{с}$, $\text{м}^3/\text{год}$, $\text{км}^3/\text{год}$) относят те воды, которые ежегодно возобновляются в процессе круговорота воды на Земле, водообмена между сушей и океаном. Испаряющаяся под действием солнечной энергии с поверхности Мирового океана вода поступает в атмосферу и возвращается в виде атмосферных осадков. Часть испарившейся воды воздушными течениями переносится на сушу и, выпадая в виде осадков, является основным источником формирования вод суши - рек, озер, подземных вод, ледников. Часть атмосферных осадков вновь возвращается в океан через реки. Океан служит гигантским естественным испарителем и поставщиком пресной воды на сушу. Принимая речной сток, океан возобновляется количественно и восстанавливается качественно.

По *объему, происхождению и местонахождению* водные ресурсы принято разделять на местные, региональные и глобальные, а по *принадлежности* – на национальные, межгосударственные и всеобщие.

Источниками водных ресурсов являются водные объекты

В данном пособии более подробно будут рассмотрены водные ресурсы, встречающиеся в Кировской области.

2.2.1. Поверхностные воды

Поверхностные воды – воды, постоянно или временно находящиеся в поверхностных водных объектах [14].

Поверхностные воды постоянно или временно находятся в поверхностных водных объектах. Объектами поверхностных вод являются: моря, озёра, реки, болота и другие водотоки и водоёмы.

Поверхностные воды (реки, озера, водохранилища) занимают 12,4% территории России. При этом они распространены неравномерно: на освоенные районы европейской части страны, где сосредоточено более 70% населения и производственного потенциала, приходится не более 10% водных ресурсов. В маловодные годы дефицит воды наблюдается в районах интенсивной хозяйственной деятельности в бассейнах рек Дона, Урала, Кубани, Иртыша, а также на западном побережье Каспийского моря.

2.2.1.1. Водоёмы

Водоём – постоянное или временное скопление стоячей или со сниженным стоком воды в естественных или искусственных впадинах (озера, водохранилища, пруды и т. д.).

Озеро – компонент гидросферы, представляющий собой естественно возникший водоём, заполненный в пределах озерной чаши (озерного ложа) водой и не имеющий непосредственного соединения с морем (океаном).

Классификация озёр

По происхождению:

– тектонические: образуются путем заполнения трещин в земной коре (оз. Байкал);

– ледниковые: образуются тающим ледником (Арберзее);

- речные, или старицы;
- приморские: лагуны и лиманы (Венецианская, расположенная в северной части Адриатического моря);
- провальные: карстовые, термокарстовые (оз. Чваниха, Кировская область);
- завально-запрудные: образуются при обрушении части горы (оз. Рица в Абхазии);
- горные: расположены в горных котловинах;
- кратерные: расположены в кратерах потухших вулканов и трубок взрыва (в Европе подобные озера находятся в области Айфель (Германия));
- искусственные (водохранилища, пруды). Создание таких озер может быть самоцелью, например, для создания водохранилищ различного назначения. Нередко это создание связано с проведением более или менее значительных земляных работ. Но в ряде случаев такие озера возникают как побочное следствие таких работ, например в выработанных карьерах.

По положению (применительно к планете Земля):

- на наземные (их воды принимают активное участие в кругообороте воды в природе);
- подземные (их воды если и принимают участие в кругообороте, то лишь косвенно).

По водному балансу:

- сточные (имеют сток, преимущественно в виде реки);
- бессточные (не имеют поверхностного стока или подземного отвода воды в соседние водосборы; расход воды происходит за счет испарения).

По типу минерализации:

пресные; ультрапресные; минеральные (соленые); солоноватые; соленые;

По химическому составу воды:

- карбонатные (содовые);
- сульфатные (горько-соленые);
- хлоридные (соленые).

В России свыше двух миллионов озер. Больше всего озер в Карелии, в Вилуйской котловине и на Западно-Сибирской равнине. Самые крупные озера – Байкал, Ладожское, Онежское, Таймыр, Чудское. Байкал – самое глубокое озеро в мире (максимальная глубина – 1637 м).

Озеро Байкал – самое глубокое, самое большое и самое чистое озеро мира. Вода удивительно прозрачна. Это объясняется тем, что вода слабо минерализована и близка к дистиллированной в результате деятельности обитающих в ней живых существ. Кроме того, вода сильно насыщена кислородом. Озеро Байкал расположено в центре Азиатского материка. Объем водной массы – 23000 км³ (1/5 мировых запасов). Возраст – около 25 млн лет. Длина озера – 636 км. Ширина: максимальная – 81 км, минимальная – 27 км. Длина береговой линии – около 2000 км. Глубина: максимальная – 1637 м, средняя – 730 м. Площадь – 31500 км² (8-е место в мире). Высота над уровнем моря – 456 м. Количество островов – 30. В Байкал впадает 336 постоянных рек и ручьев, а вытекает лишь одна Ангара. Самый крупный приток – р. Селенга.

Площадь водосборного бассейна – 588000 км². Самые большие заливы: Баргузинский (725 км²), Чивыркуйский (270 км²), Провал (197 км²). Температура воды в открытом озере летом: наивысшая 16 °С, самая низкая 4,2 °С. Температура воды на мелководье у побережья: наивысшая в августе 23 °С, самая низкая 18 °С. Самая теплая вода в заливах: Мухор (Малое море), Чивыркуйский залив, Посольский сор. Период пассажирской навигации: с июня по сентябрь. В озере Байкал обитает 1550 видов и разновидностей животных и 1085 видов растительных организмов. На Байкале часто происходят землетрясения. Их количество доходит до двух тысяч раз в год. Большинство из них отмечают только сейсмографы, более сильные толчки в 5–6 баллов случаются раз в 10–12 лет, сила же толчков в 7–9 баллов наблюдается один раз в 20–23 года. Самые существенные землетрясения за последние 200 лет приходится на 1862 (силы толчков доходили до 10 баллов) и 1959 гг.

Озера Кировской области [15]

По данным Соловьева А.Н. (1997), на водосборе р. Вятки насчитывается 4137 озер, в бассейне р. Лузы – 242 озера.

Самыми многочисленными в Кировской области являются озера-старицы: оз. Казанское (Вятскополянский р-н.), оз. Усталец (Лузский р-н.), оз. Осинное (Кирово-Чепецкий р-н). Физико-географические условия области и ее геологическое строение определяют, кроме старичных озер, наличие карстовых, термокарстовых, метеоритных и суффозионных озер.

К озерам карстового происхождения относятся: Орловское (Кирово-Чепецкий р-н), Быковщинское (Советский р-н), Шайтан (Уржумский р-н). К термокарстовым можно отнести оз. Кротовское и Итанское в Свечинском р-не. К озерам метеоритного происхождения предположительно относят оз. Падун, находящееся в Верхнекамском районе.

Водохранилище – искусственный водоем объемом свыше миллиона м³, образованный, как правило, в долине реки водоподпорными сооружениями для накопления и хранения воды в целях ее использования в народном хозяйстве. Водохранилища делятся на 2 типа: озерные и речные.

Для водохранилищ *озерного типа* (например, Рыбинского) характерно формирование водных масс, существенно отличающихся по своим физическим свойствам от свойств вод притоков. Течения в этих водохранилищах связаны больше всего с ветрами.

Водохранилища *речного (руслового) типа* (например, Дубоссарское) имеют вытянутую форму, течения в них, обычно, стоковые; водная масса по своим характеристикам близка к речным водам.

Основными параметрами водохранилища являются объем, площадь зеркала и амплитуда колебания уровней воды в условиях его эксплуатации.

Создание водохранилищ существенно изменяет ландшафт речных долин, а регулирование ими стока преобразует естественный гидрологический режим реки в пределах подпора. Изменения гидрологического режима, вызываемые созданием водохранилищ, происходят также и в нижнем бьефе гидроузлов, иногда на протяжении десятков и даже сотен километров. Особое значение

имеет уменьшение половодий, в результате чего ухудшаются условия нереста рыб и произрастания трав на пойменных лугах. Уменьшение скорости течения вызывает выпадение наносов и заиление водохранилищ; изменяется температурный и ледовый режим, в нижнем бьефе образуется не замерзающая всю зиму полынья.

На водохранилищах высота ветровых волн больше, чем на реках (до 3 м и более). Гидробиологический режим водохранилищ существенно отличается от режима рек: биомасса в водохранилище образуется интенсивнее, меняется видовой состав флоры и фауны.

Вся история человечества связана с созданием искусственных водоемов, первые водохранилища были еще в Древнем Египте.

Сейчас в мире насчитывается более 30 тыс. водохранилищ с суммарным полным объемом около 6 тыс. км³. При этом полезный объем оценивается почти в 3,5 тыс. км³, что близко к 10% среднегодового стока всех рек мира. Общая площадь зеркала водохранилищ мира составляет 600–620 тыс. км², а без учета подпруженных озер (в числе которых Байкал) – 360–380 тыс. км².

Если исключить водную поверхность рек и пойменных озер, существовавших до создания гидроузлов, то получается, что водохранилищами затоплено на Земле 330–350 тыс. км², или 0,2% территории суши.

По объему и по площади зеркала самое крупное водохранилище мира – Виктория на р. Виктория-Нил в Африке. Самое глубокое водохранилище – Байкальское (до 1620 м) Иркутской ГЭС. Глубина других намного меньше. Наиболее глубокие водохранилища (200–300 м) образованы высокими плотинами в горных ущельях, в том числе плотиной Нурекской ГЭС (на высоте 300 м).

В России около 1200 водохранилищ. Их суммарный объем свыше 900 км³, а полезный – около 450 км³. Площадь их водного зеркала превышает 100 тыс. км², в т. ч. без учета подпруженных озер – 60 тыс. км². Самое крупное по объему водохранилище России – Братское водохранилище на р. Ангаре.

По площади зеркала выделяется Байкальское водохранилище – 32965 км², а без учета подпруженных озер – Куйбышевское водохранилище – 5900 км². Последнее входит в состав Волго-Камского каскада водохранилищ, который превратил Волгу (в меньшей степени Каму) в цепочку искусственных водоемов. По существу на Волге осталось лишь 2 неподпруженных участка выше г. Ржева и ниже г. Волгограда. Но нижний участок находится под сильным влиянием попусков воды из соседнего Волгоградского водохранилища. Общий полный объем водохранилищ и прудов в бассейне Волги приближается к 90 км³ при среднем многолетнем ее стоке примерно 250 км³/год и устойчивом во времени стоке подземного происхождения 70 км³/год. Это означает, что водохранилищами может быть зарегулировано до 50% неустойчивого стока Волги.

Водохранилища в Кировской области

Природные особенности Вятской земли, обилие ручьев и речек с густой сетью логов, оврагов, балок были благоприятны для создания небольших

искусственных водоёмов. Крупнейшими водохранилищами в области являются: Белохолуницкое – полным проектным объемом 51,0 млн м³; Омутнинское – 32,5; Большое Кирсинское – 18,0; Чернохолуницкое – 12,0 (2010 г.), 8,52 млн м³ (2011); Созимское – 11,3.

Пруд – искусственный водоем объемом до 1 млн м³ для хранения воды с целью водоснабжения, орошения, разведения рыбы (прудовое рыбное хозяйство) и водоплавающей птицы, а также для санитарных и спортивных потребностей.

Болота относятся к водоемам, в которых содержится воды в связанном состоянии до 90–92%.

Болото – это сложная, развивающаяся, на высших стадиях саморегулирующаяся экосистема, характеризующаяся постоянным или периодическим избыточным увлажнением, влаголюбивой растительностью и комплексом специфических болотных почв, где при избытке влаги в анаэробных (бескислородных) условиях происходит накопление органического вещества, торфообразование, оглеение. При этом степень образования органического вещества растениями во много раз превышает степень их разложения, что отличает болотные экосистемы от всех остальных экосистем.

Значение болот. Велика биосферная роль болот, они очень важны для сохранения природного равновесия. Они являются естественным хранилищем чистой пресной воды, поддерживают полноводность рек и высокий уровень грунтовых вод, предотвращая обсыхание земной поверхности.

Болота могут остановить пожары, часто возникающие во время засухи. Кроме того, болотная растительность поглощает из воздуха углекислый газ и вырабатывают кислород в несколько раз активнее, чем это делают леса или луга, являясь при этом местом обитания и источником жизни для огромного количества животных и птиц.

Кроме того, болота служат и гигантскими фильтрами очистки загрязненных грунтовых и атмосферных вод. Благодаря огромной испаряющей способности в естественном состоянии и крайне низким альбедо (величина, характеризующая отражательную способность поверхности) в осушенном и освоенном состоянии болота в значительной степени влияют на климатический режим как отдельных территорий, так и биосферы в целом. По мнению некоторых ученых особенно велика роль болот в регулировании газового режима атмосферы, поскольку до одной трети всей углекислоты на планете законсервировано в торфах.

К середине XX в. многие водно-болотные угодья пострадали от вмешательства человека, что не замедлило сказаться на экологическом состоянии планеты. В связи с этим в 1971 г. в городе Рамсар (Иран) была подписана международная Конвенция о водно-болотных угодьях, призванная сохранять и защищать заболоченные территории (Рамсарская конвенция).

Россия, на территории которой находятся 35 отвечающих условиям подписанного документа водно-болотных угодий, является участницей Рамсарской конвенции. Торфяные болота – важнейшая для России категория

водно-болотных угодий: вместе с заболоченными и торфяными землями они занимают более 1/5 территории страны.

Типы болот

В Кировской области встречаются все типы болот: верховые, низинные, переходные, смешанные. Тип болота определяется по совокупности основных характеристик: режима водного питания, состава растительности, строения торфяной залежи и др. Преобладают низинные болота, что обусловлено характером коренных пород, среди которых встречаются богатые известью. Торфяников чисто переходного типа, полностью состоящих из переходного торфа, в области очень мало. Крупные торфяные массивы большей частью состоят из участков всех типов: верхового, переходного, низинного.

Низинные болота обычно имеют небольшие размеры и встречаются на территории области более или менее равномерно - в депрессиях и понижениях водоразделов, на террасах и в поймах рек. В зависимости от характера растительности среди них выделяют болота травяные, моховые и лесные.

Гипновые болота характеризуются преобладающим развитием в наземном покрове гипновых мхов, чаще вместе с осоками и кустарниками – ивами, ольхой серой и др.

Лесные низинные болота обычно представлены еловыми, сосновыми, сосново-еловыми и березово-сосновыми болотами. Из кустарников на них обычны ива, ольха, рябина, крушина, черемуха, смородина черная, калина обыкновенная. Все типы низинных болот имеют, как правило, ровный или слегка вогнутый рельеф. Слой торфа колеблется от 2 до 3–4 м. Вместе с переходными низинные болота составляют более 70% всего болотного фонда области.

Переходные болота имеют ряд признаков болот низинных и верховых. На них ещё растут некоторые травы, характерные для низинных болот, но полностью исчезают тростники, хвоци, рогоз, стрелолист, калужница.

Переходные болота чаще всего образуются на месте низинных, являясь как бы второй фазой из развития. Однако переходное болото может развиваться и на суше.

Верховые болота формируются из переходных, сменяющих низинные, либо возникают при заболачивании суши. Вторым путем для них более характерен. Основной торфообразователь здесь – мхи-сфагнумы.

Осушение и использование болот оказывают глобальный эффект на всю биосферу. Болотные массивы речных долин и низменностей, особенно приуроченные к песчаным почвам и близким к поверхности грунтовым водам, нередко образуют единую с ними гидрогеологическую систему. Чем активнее осушаются болота, тем ниже опускается уровень грунтовых вод, что отрицательно сказывается на водном режиме сопряженных территорий. В первую очередь страдают возвышенные участки. Сначала травы, а затем и древесный ярус начинают испытывать недостаток влаги.

Промышленная добыча торфа привела к полному уничтожению природных комплексов, включающих в себя не только болото, но и

окружающие его территории – леса, луга и т. п. Вновь восстановить уничтоженный биocenоз до прежнего качественного состояния практически невозможно. Многочисленными исследованиями доказано, что слой оставшегося после разработок торфа должен быть не менее 50–70 см. Лишь тогда вторичное использование выработанного болота может иметь определенный экологический результат.

Большая часть добываемого торфа идет на топливо и органические удобрения. Особенно выгодно использование торфа в качестве топлива: стоимость 1 Гкал, полученного от сжигания торфа, ниже, чем у всех других видов топлива, кроме газа. Использование торфа как топлива обусловлено его составом: большим содержанием углерода, малым содержанием серы, вредных негорючих остатков и примесей. По сути, это молодой уголь. Основными недостатками этого вида топлива являются: более низкая, чем у угля энергетическая калорийность и трудности сжигания из-за высокого содержания влаги (до 65%). Но есть множество «плюсов»: низкая себестоимость производства; экологическая чистота сгорания – малая доля серы (например, при замене угля, сланцев и мазута на торф снижение загрязнения атмосферного воздуха выбросами оксидов серы происходит по сравнению с углем в 4–24 раза (в зависимости от зольности и угольного бассейна), сланцем – в 9 раз, мазутом – в 6 раз, а выброс твердых взвешенных частиц в 2–19 раз по сравнению с углем и в 36 раз по сравнению со сланцем); полное горение (малый остаток золы); новые технологии сжигания.

Все это делает торф перспективным местным источником полученной тепловой и электрической энергии: более дешевой, чем при использовании каменного угля и жидкого топлива; более экологически чистой.

Осушение верховых и переходных болот вызывает интенсивное развитие древесного яруса – увеличение сомкнутости и текущего прироста, разрастание и повышение жизненности ряд болотных кустарников: вереска, багульника, черники, брусники и других, которые до этого тормозились сфагновым покрытием.

Осушение особенно губительно для болот с мелкой торфяной залежью, где маломощный торфяной слой подвергается быстрому разложению и экосистема изменяется коренным образом за очень короткий срок. Безвозвратно гибнет болото при торфодобыче, так как наряду с глубоким осушением снимается основной слой торфяной залежи и остается не имеющий плодородия массив с нарушенным водным, воздушным и пищевым режимами.

Безвозвратно деградируют болота и при пожарах, которые случаются чаще на верховых болотах. Если пожары повторяются через каждые 20–30 лет, то возобновление древесного яруса задерживается, обедняется, гибнет флора и фауна. На месте пожара образуются пустоши с небольшими куртинами пушицы, вереска, березы. Моховой и лишайниковый покровы восстанавливаются очень медленно.

При вытаптывании, связанном с посещением болот человеком для сбора ягод, грибов, лекарственных трав, болотная растительность или полностью

гибнет (до обнажения торфа), или происходит смена, когда поселяются заносные и разрастаются конкурентоспособные виды данного местообитания.

К числу косвенных негативных последствий влияния человека на болота относятся:

1. Эвтрофикация болот от загрязнения воды, воздуха, под влиянием удобрения земель и сточных вод животноводческих комплексов; при этом происходит смена растительности – болота зарастают ольхой, березой, ивой, осоками;

2. Синантропизация флоры; при посещении болот человеком изменяется состав и структура их экосистем в результате внедрения заносных видов растительности: луговых, сорных и др., особенно в районах интенсивного земледелия.

2.2.1.2. Водотоки

Водоток – водный объект, характеризующийся постоянным или временным движением воды в русле в направлении общего уклона (река, ручей и т. д.).

Река – природный водный поток, текущий в выработанном им углублении – постоянном естественном русле и питающийся за счет поверхностного и подземного стока с его бассейна. Реки, непосредственно впадающие в океаны, моря, озера или теряющиеся в песках и болотах, называются главными; впадающие в главные реки – притоками. Главная река со всеми ее притоками образует речную систему, характеризующуюся густотой.

Поверхность суши, с которой речная система собирает свои воды, называется водосбором, или водосборной площадью. Водосборная площадь вместе с верхними слоями земной коры, включающая в себя данную речную систему и отделенная от других речных систем водоразделами, называется речным бассейном.

Возобновляемые водные ресурсы оцениваются *объемом годового стока* рек. Благодаря круговороту ежегодно реки сбрасывают в Мировой океан около 40–41 тыс. км³. Скорость возобновления и определяет доступность человечеству водных ресурсов. Воды рек обновляются примерно за 10–12 суток. Ежегодный объем стока Российских рек составляет в среднем 4262 км³. По объему речного стока Россия занимает второе место в мире после Бразилии (10 тыс. км³). К сожалению, большая часть речного стока в России, приходится на малопродуктивные и малозаселенные северные территории [16].

Речной сток является суммарным *поверхностным и подземным* стоком. Вода стекает по поверхности земли обычно не сплошным слоем, а в виде отдельных тонких струй или ручейков, которые сливаются вместе, доходят до русел сначала временных водотоков, а потом образуют постоянные потоки, несущие свои воды в сформировавшемся русле. Сток, происходящий по поверхности земли, называется *поверхностным*, или склоновым стоком. Сток, происходящий по русловой сети водосбора, называется *руслowym*, или речным стоком.

Во многих местах, как, например, в лесной зоне, поверхностный сток, как правило, невелик, а иногда и отсутствует вовсе. Большая часть дождевых и снеговых вод стекает иными путями. Просачиваясь через почву, эти воды пополняют запасы почвенных и грунтовых вод и попадают в *речную сеть* подземными путями в виде почвенного (подповерхностного) и подземного (грунтового) стока. Последний является наиболее устойчивым.

Поверхностный сток рек подвержен резким сезонным колебаниям, снижающим возможности его хозяйственного освоения. В районах с сезонным характером атмосферного увлажнения отношение расходов воды в руслах рек в сухой и влажный периоды года могут достигать 1:100 и даже 1:1000. В таких районах при освоении поверхностного стока необходимо сооружать водохранилища сезонного или даже многолетнего регулирования.

Преобладающую часть «устойчивого» стока составляют подземные воды. Хозяйственная ценность или *качество водно-ресурсного* потенциала региона тем выше, чем значительнее доля *устойчивой* составляющей стока. Ее величина количественно определяется объемом *подземного* стока и *меженным русловым* стоком. Из общего объема речного стока (41 тыс. км³/год), на устойчивую подземную часть приходится лишь 14 тыс. км³.

Классификация рек

В зависимости от *рельефа местности*, в пределах которой текут реки, они разделяются на горные и равнинные. На многих реках перемежаются участки горного и равнинного характера.

– горные реки, как правило, отличаются большими уклонами, бурным течением, текут в узких долинах; преобладают процессы размыва.

– для равнинных рек характерно наличие извилин русла, или меандр, образующихся в результате русловых процессов. На равнинных реках чередуются участки размыва русла и аккумуляции на нём наносов, в результате которой образуются осерёдки и перекаты, а в устьях – дельты. Иногда ответвлённые от реки рукава сливаются с другой рекой.

По величине:

– большие реки – преимущественно равнинные; имеют бассейн площадью более 50 тыс. км²;

– средние реки имеют бассейн, располагающийся в одной гидрографической зоне; их площадь от 2 тыс. до 50 тыс. км²;

– малые реки имеют бассейн в одной гидрографической зоне; их площадь не более 2 тыс. км².

Реки России

На территории России существует порядка 2,5 млн рек. Больше количество этих рек – относительно небольшие, и их длина обычно не более 100 км.

Характерной особенностью в распределении среднего многолетнего стока на территории России является широтная зональность его, наиболее отчетливо выраженная в равнинных частях страны, и тенденция к уменьшению стока в

направлении с запада на восток под влиянием континентальности климата. Водные ресурсы бассейнов крупнейших рек России (годовой сток рек) представлены в табл. 8.

Таблица 8

Ресурсы речного стока по речным бассейнам Российских рек

Речной бассейн	Площадь бассейна, тыс. км ²	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км /год	Водные ресурсы 2010 г., км /год	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Северная Двина	357	101,0	97,4	-3,6
Печора	322	129,0	151,0	17,1
Волга	1360	238,0	234,0	-1,7
Дон	422	25,5	18,3	-28,2
Кубань	57,9	13,9	13,8	-0,7
Терек	43,2	10,5	12,0	14,3
Обь	2990	405,0	366,0	-9,6
Енисей	2580	635,0	683,0	7,6
Лена	2490	537,0	549,0	2,2
Колыма	647	131,0	152,0	16,0
Амур	1855	378,0	432,0	14,3

Большинство рек на территории России относится к бассейну Северного Ледовитого океана, занимающему более 50% территории страны. Среди рек северного бассейна Лена – самая длинная река России (4400 км); Енисей – самая полноводная (среднемноголетний объем годового стока 635 км³); Обь – самая крупная по площади водосбора (2990 тыс. км²). Основная река бассейна Тихого океана – Амур с притоками Зея, Бурея и Уссури. На бессточный бассейн Каспийского моря приходится около 25% территории страны. Самая длинная (3530 км) и многоводная река этого бассейна – Волга, которая является также крупнейшей рекой Европы. Среди рек бассейна Атлантического океана наиболее значительны Западная Двина, Нева, Днепр, Дон, Кубань. Самая полноводная из них Нева, питающаяся водами Ладожского озера (объем годового стока – 75 км³).

Ручей – небольшой водоток, обычно шириной от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Обычно длина ручья не превышает несколько километров, а глубина редко превышает 1,5 м. Скорость ручьев, как правило, достаточно велика (несколько метров в секунду). Ручьи образуются от стока дождевых, талых вод или при выходе на поверхность подземных вод. Ручьи чаще всего впадают в реки или озера. В картографии термин «ручей» применяется к естественным водотокам длиной до 10 км (постоянным, либо временным).

2.2.2. Подземные воды

Подземные воды – воды, находящиеся в толще горных пород верхней части земной коры в жидком, твёрдом и газообразном состоянии.

Подземные воды рассматриваются как полезное ископаемое. В отличие от других видов полезных ископаемых, запасы подземных вод возобновимы в процессе эксплуатации.

По расчётам, в верхней пятикилометровой толще земной коры на континентах содержится $84,4 \cdot 10^6$ км³ воды. Из них $60 \cdot 10^6$ км³ составляет свободная (гравитационная) вода, способная передвигаться под влиянием силы тяжести [17].

Образование подземных вод

При просачивании (инфильтрации) в грунт дождевой и талой вод, а также при фильтрации из поверхностных водоемов образуются *инфильтрационные* подземные воды. Именно они формируют зону пресных вод и их месторождения используются в водоснабжении. Залегая на небольшой глубине, они подвержены наибольшему загрязнению.

Подземная вода, образующаяся при конденсации паров воды из воздуха в горных породах, называется *конденсационной*.

Подземные воды магматического происхождения называются *ювенильными* (от лат. «ювеналис» – девственный). Как считает океанолог Х. Райт, обширные водные пространства, которые существуют в настоящее время, «вырастали капля за каплей на протяжении всей жизни нашей планеты за счет воды, просачивающейся из недр Земли» [18].

Классификация подземных вод

По степени минерализации:

- пресные: до 1 г/л;
- солоноватые: 1–10 г/л;
- соленые: от 10 до 35–50 г/л;
- рассолы: более 35–50 г/л.

По температуре:

- переохлажденные: ниже 0 °С;
- холодные: 0–20 °С;
- термальные: выше 20 °С.

По условиям залегания:

- почвенные воды;
- верховодка;
- грунтовые;
- межпластовые.

Ресурсный потенциал подземных вод на территории Российской Федерации составляет почти 400 км³/год.

Общее количество запасов подземных вод, пригодных для использования (питьевого и хозяйственно-бытового, производственно-технического водоснабжения, орошения земель и обводнения пастбищ), составляет около 34 км³ в год.

Обеспеченность территории Российской Федерации запасами подземных вод, которые могут использоваться для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, также неравномерна. Подземными водами, качество которых соответствует гигиеническим нормативам, недостаточно обеспечены Мурманская, Курганская, Омская, Новгородская, Ярославская области, отдельные районы Архангельской, Ростовской, Тюменской областей, Республики Калмыкия и Ставропольского края.

Выходы подземных вод на дневную поверхность образуют **родники**.

Родник (источник, ключ) – естественный выход подземных вод на земную поверхность на суше или под водой (подводный источник).

По характеру их выхода из породы различают родники:

– нисходящие – образуются при разгрузке грунтовых или межпластовых слабонапорных вод;

– восходящие – образуются при разгрузке грунтовых или межпластовых напорных вод.

Вода восходящих родников часто имеет повышенную минерализацию, так как путь ее, как правило, длиннее, чем у родников, питающихся безнапорными водами, и выход их из пород более бурный, чем у последних.

Родники Кировской области

На территории Кировской области восходящие родники чаще всего можно встретить в южной части Вятского вала, где в силу геологического строения условия для их появления лучше, чем за его пределами. Ярким примером может служить район Нижнеивкинского курорта. На территории области имеется и довольно редко встречающийся тип родника – сифонный. Это выход напорных вод, действующий периодически. Для излива воды такого источника требуются обильные осадки, которые должны заполнить систему подземных пустот и создать определенное давление. Такой родник находится на дне карстового оз. Шайтан в Лебяжском районе.

В настоящее время вода родников в черте г. Кирова по своему качеству не отвечает требованиям питьевого источника.

2.3. Обеспеченность водными ресурсами

В среднем на Земле на каждого человека приходится 24 646 м³ (24650000 литров) воды в год.

Страны мира обеспечены водными ресурсами крайне неравномерно. Меньше всего водных ресурсов на душу населения приходится в Кувейте (6,85 м³), Объединенных Арабских Эмиратах (33,44 м³), Катаре (45,28 м³), на Багамах (59,17 м³), в Омане (91,63 м³), Саудовской Аравии (95,23 м³), Ливии (95,32 м³).

Наиболее обеспечены водными ресурсами следующие страны: Бразилия (8 233 км³), Россия (4 508 км³), США (3 051 км³), Канада (2 902 км³), Индонезия (2 838 км³), Китай (2 830 км³). Больше всего водных ресурсов на душу населения приходится во Французской Гвиане (609 091 м³), Исландии (539 638 м³). Россия по данному показателю находится на 27-м месте.

Россия – одно из богатейших государств планеты по запасам пресных природных вод, суммарный объем которых составляет около 50 тыс. км³. Речной сток – 4264 км (11% от мирового стока), по объему речного стока наша держава занимает второе место в мире после Бразилии. На территории России 2,5 млн рек (самые крупные – Обь, Енисей, Лена, Амур, Волга); 2,7 млн озер (крупнейшие – Байкал, Ладожское, Онежское); 2290 водохранилищ объемом свыше 1 млн м³; 30 тыс. малых водохранилищ и прудов. Общая емкость водохранилищ 800 км³; 260 – крупные и особо крупные, более 10 млн м³ суммарной емкостью 790 км³ крупнейшие, объемом более 100 млн м³ – 103 водохранилища. Водное побережье России имеет протяженность около 60 тыс. км и омывается 13 морями, принадлежащими бассейнам трех океанов: Атлантическому, Северно-Ледовитому и Тихому. Реки, протекающие по территории России, являются источниками загрязнения этих морей. 26,5 тыс. км³ – это пресные воды. Прогнозные ресурсы подземных вод – 350 км³.

Общая величина запасов подземных вод по состоянию на 1 января 2010 г. составила 95,84 млн м³/сут. При этом из 7656 месторождений полностью или частично введено в эксплуатацию лишь 4243 (55%) месторождения. Ресурсный потенциал подземных вод России составляет 869,1 млн м³/сут. На хозяйственно-питьевое водоснабжение в расчете на одного человека в среднем по России использовано 107 л/сут подземных вод. По федеральным округам эта величина изменяется от 42 л/сут (Северо-Западный) до 157 л/сут (Центральный). Доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения в 2010 г., как и в прошлые годы, составила 45%. Более 60% городов и поселков городского типа удовлетворяют потребности в питьевой воде, используя подземные воды, около 20% из них имеют смешанные источники водоснабжения. В сельской местности доля подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении составляет 80–85%.

Таким образом, на долю нашей страны приходится около четверти мировых запасов пресной воды, которые сосредоточены в реках, водохранилищах и озерах, голубой сетью покрывающих карту нашей Родины. По водообеспеченности на одного человека Россия занимает третье место после Бразилии и Канады. На каждого россиянина приходится примерно 30 м³ воды в год (78 м³ в сутки). Для сравнения: на одного жителя Европы приходится в 6 раз меньше.

В целом по России обеспеченность водными ресурсами составляет 30,2 тыс. м³ на человека в год (см. цветную вкладку).

Водное изобилие накладывает на Россию и особую ответственность перед человечеством за сохранение этого важнейшего природного ресурса. Проблема дефицита пресной воды, по мнению международных экспертов, станет одной из самых острых к середине XXI в.

Нормы водопотребления на 1 человека составляют в среднем 120–150 л/сутки. В действительности они сильно колеблются и зависят от региона и уровня жизни населения: от 300–400 л/сут. в городах промышленно развитых стран, до 20–30 л/сут. в сельской местности (умеренных природных зон) развивающихся стран. Прогнозируется, что к 2025 г. 2 человека из 3 будут испытывать нехватку воды.

3. ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

Водопользование – совокупность всех форм и видов использования водных ресурсов.

Использование водных объектов без применения сооружений, технических средств и устройств относится к категории общего водопользования.

Специальным водопользованием является использование водных объектов с применением технических средств и устройств. Оно осуществляется на основании разрешительных документов на водопользование.

Водные объекты предоставляются в пользование путем выделения участков акватории в порядке, определенном водным законодательством.

3.1. Антропогенные воздействия на водные объекты [19]

Антропогенные воздействия на водные объекты можно разделить на прямые (водопотребление, судоходство и т. п.) и опосредованные (сведение лесов, применение удобрений в сельском хозяйстве и т. п.).

Использование водных объектов может осуществляться с изъятием (водозабор) или без изъятия водных ресурсов (сброс, использование в качестве водных путей и т. п.).

Водные объекты могут быть использованы для следующих целей:

1. Питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение – осуществляется с изъятием природных вод и последующим сбросом загрязненных вод.

2. Здравоохранение. Изъятие целебных минерализованных вод с последующим сбросом загрязненных вод, В настоящее время нет способов очистки таких вод.

3. Промышленность и энергетика – изъятие вод с последующим сбросом сточных вод.

4. Сельское хозяйство – для полива с/х культур, орошения. Рассеянный сток с полей является главной причиной эвтрофикации (цветения) и деградации малых рек. Водопои для отгонных пастбищ являются причиной эрозии берегов рек.

5. Для нужд гидроэнергетики. Сопровождается занятием значительных площадей, образованием мелководий и последующей их эвтрофикацией. Изменяется гидрологический режим рек, подземного стока, микроклимат.

6. Для нужд транспорта. Транспорт загрязняет водные объекты, создает шум, волны, что вызывает фактор беспокойства гидробионтов и угнетение их состояния.

7. Для нужд лесосплава. Происходит засорение водных объектов топляком, фенольное загрязнение вод, повышаются значения БПК, ХПК.

8. Для нужд рыбного хозяйства. Экологически чистый вид хозяйственной деятельности.

9. Добыча нерудных полезных ископаемых (ПГС, торф, сапропель). Изменяет гидрологический режим рек, ведет к просадке уровней воды, загрязняет взвешенными веществами и нефтепродуктами.

10. Для нужд охотничьего хозяйства, рекреации.

11. Для сброса сточных вод.

Использование воды связано с изъятием ее из водных объектов либо без изъятия. Часть воды теряется безвозвратно, так как входит в состав продукции и испаряется. Среди наиболее важных водопользователей такие отрасли хозяйства, как транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, водный туризм. Они не изымают воду, а используют ее для выполнения различных операций.

Мировое водопотребление в XX в. росло следующим образом (в км³): 1900 г. – 580, 1940 г. – 820, 1950 г. – 1100, 1960 г. – 1900, 1970 г. – 2520, 1980 г. – 3200, 1990 г. – 3580, 2005 г. – 6000. Эти общие показатели водопотребления очень важны: они свидетельствуют о том, что на протяжении XX в. мировое водопотребление увеличилось в 6,8 раз. Мировое хозяйство расходует для своих нужд около 4–4,5 тыс. км³, что равно примерно 10% объема годового стока мировых рек (40–41 тыс. км³ в год).

В наши дни в мировом масштабе – 70% пресной воды потребляет сельское хозяйство, 20% – промышленность, 10% идет на удовлетворение коммунально-бытовых нужд.

Вода в промышленности используется для выпуска продукции, удовлетворения потребности в ней работающего персонала, противопожарных нужд, а также для охлаждения машин и механизмов, промывки деталей.

К числу наиболее водоемких отраслей относятся химическая, целлюлозно-бумажная, черная и цветная металлургия.

Вода в коммунальном хозяйстве расходуется для удовлетворения питьевых и других нужд населения, работы предприятий бытового обслуживания (бани, прачечные, столовые и т. д.), полива улиц, противопожарных целей. Считается, что для удовлетворения личных потребностей человека необходимо около 200 литров воды в сутки, для работы коммунальных предприятий еще 100 литров и примерно такое же количество для поддержания чистоты в городе.

Вода в сельском хозяйстве расходуется для обводнения и орошения земель, водоснабжения животноводческих помещений. Самые высокие показатели душевого водопотребления характерны для стран с орошаемым земледелием. Рекордсмен здесь Туркмения (7000 м на человека в год). За ней следуют Узбекистан, Киргизия, Казахстан, Таджикистан, Азербайджан, Ирак, Пакистан и др. Все эти страны уже испытывают значительный дефицит водных ресурсов.

Рыбное хозяйство предъявляет высокие требования к качеству воды в водных объектах, богатых ценными видами рыб.

Значительный объем водопотребления приходится на расширяющуюся сеть лечебных учреждений, где на одного больного приходится до 800 литров воды в сутки.

Структура водопотребления в России характеризуется следующими показателями: производственные нужды – 60,2%, хозяйственно-питьевые нужды – 18,3%, орошение – 13,6%, сельскохозяйственное водоснабжение – 0,9%, прочие нужды – 6,5%.

В России суммарный речной сток достигает 4,2 тыс. км³/год. Суммарный забор свежей воды во второй половине 1990-х гг. вследствие экономического кризиса имел тенденцию к некоторому уменьшению. В 2000 г. он равнялся 80–85 км³. В 2010 г. водозабор составил – 76,4 км³.

В целом по России суммарный водозабор составляет всего 2% от общих ресурсов речного стока. Однако это средний показатель, а в отдельных речных бассейнах он достигает 50–75% и более. То же относится и к отдельным экономическим районам страны. Так, в Центральном, Центрально-Черноземном и Поволжском районах водообеспеченность в расчете на одного жителя составляет всего 3000–4000 м³/год, а на Дальнем Востоке – 300 тыс. м³.

Общая же тенденция для всего мира и отдельных его регионов заключается в постепенном уменьшении водообеспеченности, поэтому ведутся поиски разных путей экономии водных ресурсов и новых путей водоснабжения.

3.2. Последствия антропогенных воздействий на водные объекты [19]

Антропогенные воздействия на водные объекты могут сопровождаться отрицательными последствиями для водных объектов в целом, для отдельных компонентов водного объекта и, опосредованно, для народного хозяйства. К числу основных последствий относятся истощение, засорение, загрязнение вод, просадка грунта и сопряженные с ними изменения экосистем и окружающей природной среды.

1. *Перерасход поверхностных вод.* При долгосрочном планировании следует учитывать неизбежные засушливые годы, когда речной сток падает до аномально низкого уровня. Перерасход поверхностных вод может привести к истощению – сокращению под влиянием антропогенной деятельности количества воды в водном объекте, носящему устойчивый характер. Считается, что нельзя использовать больше 25% среднегодового речного стока без риска испытать недостаток воды.

Экологические последствия перерасхода поверхностных вод затрагивают не только саму реку, а все связанные с ней экосистемы (пересыхание болот, гибель растительности и животных и т. д.).

2. *Перерасход подземных вод.* Подземные водохранилища, как любые другие, истощаются, если потребление из них воды идет быстрее пополнения. Проблема стоит особенно остро в регионах с низким количеством осадков, где скорость пополнения очень невелика, а потребность в воде высока из-за недостатка поверхностных водоемов.

Уменьшение уровня грунтовых вод влияет на поверхностные водоемы, так как оно приводит к сокращению родников и связанных с ними поверхностных водоемов, что усугубляет их экологические проблемы.

3. *Просадка грунта.* Грунтовые воды вымывают в недрах земли полости, которые заполняются водой. Вода сама отчасти поддерживает вышележащие породы и почвы. Когда уровень грунтовых вод падает, эта опора исчезает, и может происходить постепенное опускание поверхности суши, называемое просадкой грунта. Скорость ее может составлять 15–30 см в год.

Особый вид просадки грунта – образование карстовых воронок – может быть внезапным и вести к катастрофическим последствиям.

4. *Подток соленой воды.* Из-за истощения запасов грунтовых вод возникает еще одна проблема – подток соленой воды. Понижение уровня грунтовых вод или большая скорость их потребления могут снизить давление в водоносном горизонте, что позволит проникать в него, а, следовательно, и в колодцы и артезианские скважины соленой воде.

5. *Загрязнение и засорение водных объектов.* Формирование качества вод происходит под воздействием природных и техногенных факторов.

Водоёмы и водотоки считаются загрязненными, если показатели состава и свойств воды в них изменились под прямым или косвенным воздействием производственной деятельности человека и частично или полностью непригодны для одного из видов водопользования или водопотребления.

Критерием загрязненности воды является кратность превышения нормативов качества воды вследствие изменения ее органолептических свойств и появления веществ, вредных для человека, животных, в зависимости от вида водопользования, а также повышения температуры воды, изменяющей условия для нормальной жизнедеятельности водных организмов.

Задания:

1. Определите, какие типы озер есть в Вашей местности. Какие водохранилища имеются в Вашей местности, в Кировской области? Определите их тип (озерный/речной).

2. Какие изменения произошли в облике ландшафта, в гидрологическом режиме со времени строительства и начала эксплуатации данных водохранилищ?

3. Определите, какие виды болот есть в Вашей местности? Каким образом Вы это сделаете?

4. Выясните, происходило ли осушение болот и если происходило, то сказалось ли это на водном балансе Вашей местности и каким образом?

5. Происходит ли антропогенное воздействие на болота в Вашей местности?

6. Какие реки имеются в Вашей местности, в Кировской области? Какие их типы преобладают?

4. ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ

4.1. Показатели качества воды

Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования [20], при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (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.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК_{вр}) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

Нормирование качества воды состоит в установлении для воды водного объекта совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечиваются здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

Правила охраны поверхностных вод устанавливают нормы качества воды водоемов и водотоков для условий хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Вещество, вызывающее нарушение норм качества воды, называют загрязняющим.

Наиболее часто для оценки качества водных объектов используют интегральные показатели качества воды: гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ) и гидробиологический индекс сапробности S [8].

Индекс загрязнения воды, как правило, рассчитывают по шести-семи показателям, которые можно считать гидрохимическими; часть из них (концентрация растворенного кислорода, водородный показатель рН, биологическое потребление кислорода БПК₅) является обязательной.

$$ИЗВ = \sum_{i=1}^N \frac{C_i / ПДК_i}{N},$$

где C_i – концентрация компонента (в ряде случаев – значение параметра);

N – число показателей, используемых для расчета индекса;

ПДК – установленная величина для соответствующего типа водного объекта.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 9). Индексы загрязнения воды сравнивают для водных

объектов одной биогеохимической провинции и сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, во времени и т. д.).

Таблица 9

Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	< 0,2	1
Чистые	0,2–1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0–2,0	3
Загрязненные	2,0–4,0	4
Грязные	4,0–6,0	5
Очень грязные	6,0–10,0	6
Чрезвычайно грязные	> 10,0	7

С 2005 г. в соответствии с РД 52.24.643-2002 г. «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» введен расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ).

УКИЗВ – комплексный показатель, рассчитываемый для водных объектов по 14–15 загрязняющим веществам. Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большему значению индекса соответствует худшее качество воды в различных створах (пунктах).

Классификация качества воды по степени загрязненности осуществляется с учетом числа критических показателей загрязненности (КПЗ) и повторяемости случаев превышения ПДК. Значение КПЗ отражает устойчивую либо характерную загрязненность высокого (ВЗ) или экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ). Классификация качества воды, проведенная на основе значений УКИЗВ с учетом числа КПЗ, позволяет разделить поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности. 3-й и 4-й классы для более детальной оценки качества воды разбиты соответственно на 2 и 4 разряда. Соотношение состояния загрязненности воды и УКИЗВ приводится в табл. 10.

Из гидробиологических показателей качества в России наибольшее применение нашел так называемый индекс сапробности водных объектов, который рассчитывают исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (S_i \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^N h_i},$$

где S_i – значение сапробности гидробионта, которое задается специальными таблицами;

h_i – относительная встречаемость индикаторных организмов (в поле зрения микроскопа);

N – число выбранных индикаторных организмов.

Таблица 10

Характеристика качества воды на основании УКИЗВ

Класс и разряд	Характеристика состояния загрязненности воды	Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды					
		без учета числа КПЗ	в зависимости от числа учитываемых КПЗ				
			1	2	3	4	5
1-й класс	Условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2-й класс	Слабо загрязненная	1–2	0,9–1,8	0,8–1,6	0,7–1,4	0,6–1,2	0,5–1,0
3-й класс	Загрязненная	2–4	1,8–3,6	1,6–3,2	1,4–2,8	1,2–2,4	1,0–2,0
разряд «а»	Загрязненная	2–3	1,8–2,7	1,6–2,4	1,4–2,1	1,2–1,8	1,0–1,5
разряд «б»	Очень загрязненная	3–4	2,7–3,6	2,4–3,2	2,1–2,8	1,8–2,4	1,5–2,0
4-й класс	Грязная	4–11	3,6–9,9	3,2–8,8	2,8–7,7	2,4–6,6	2,0–5,5
разряд «а»	Грязная	4–6	3,6–5,4	3,2–4,8	2,8–4,2	2,4–3,6	2,0–3,0
разряд «б»	Грязная	6–8	5,4–7,2	4,8–6,4	4,2–5,6	3,6–4,8	3,0–4,0
разряд «в»	Очень грязная	8–10	7,2–9,0	6,4–8,0	5,6–7,0	4,8–6,0	4,0–5,0
разряд «г»	Очень грязная	8–11	9,0–9,9	8,0–8,8	7,0–7,7	6,0–6,6	5,0–5,5
5-й класс	Экстремально грязная	311	39,9	38,8	37,7	36,6	35,5

Каждому виду исследуемых организмов присвоено некоторое условное численное значение индивидуального индекса сапробности, отражающее совокупность его физиолого-биохимических свойств, обуславливающих способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Для статистической достоверности результатов необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее двенадцати индикаторных организмов с общим числом особей в поле наблюдения не менее тридцати.

В табл. 11 приведена классификация водных объектов по значению индекса сапробности S , которые также нормируются.

Таблица 11

Классы качества вод в зависимости от индексов сапробности

Уровень загрязненности	Зоны	Индексы сапробности S	Классы качества вод
Очень чистые	Ксеносапробная	до 0,50	1
Чистые	Олигосапробная	0,50–1,50	2
Умеренно загрязненные	а-мезосапробная	1,51–2,50	3
Тяжело загрязненные	б-мезосапробная	2,51–3,50	4
Очень тяжело загрязненные	Полисапробная	3,51–4,00	5
Очень грязные	Полисапробная	>4,00	6

4.2. Загрязнение водных объектов

В результате водопользования происходит загрязнение поверхностных и подземных вод.

Загрязнение воды – изменения химического и физического состояния или биологических характеристик воды, ограничивающие дальнейшее ее употребление.

Типы загрязнения поверхностных и подземных вод:

- *механическое* – повышение содержания механических примесей, свойственное в основном поверхностным видам загрязнений;
- *химическое* – наличие в воде органических и неорганических веществ токсического и нетоксического действия;
- *бактериальное и биологическое* – наличие в воде разнообразных патогенных микроорганизмов, грибов и мелких водорослей;
- *радиоактивное* – присутствие радиоактивных веществ в поверхностных или подземных водах;
- *тепловое* – выпуск в водоемы подогретых вод тепловых и атомных электростанций.

4.2.1. Источники химического загрязнения воды. Сточные воды

Химическое загрязнение водных объектов носит глобальный характер и наиболее опасно для человека и экосистем.

Загрязнение вод – процесс изменения состава и свойств воды в водном объекте в результате поступления в него загрязняющих веществ [21].

Большое количество загрязненных вод поступает со сточными водами.

Сточные воды – воды, использованные на производственные и бытовые нужды и получившие при этом дополнительные примеси (загрязнения), изменившие их первоначальный состав или физические свойства [19].

Сбрасываемые в природные водоёмы стоки принято подразделять на следующие виды: загрязнённые (в том числе: без очистки и недостаточно очищенные), нормативно чистые (без очистки), и нормативно - очищенные.

В зависимости от происхождения, вида и качественной характеристики примесей сточные воды подразделяют на три основные категории:

- бытовые (хозяйственно-фекальные);
- производственные (промышленные);
- дождевые (атмосферные).

Четкая классификация промышленных стоков затруднена из-за разнообразия загрязнений в них. Различают две основные группы сточных вод:

1. Сточные воды, содержащие органические вещества. Сточные воды нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов, предприятий органического синтеза и синтетического каучука, коксохимических, газосланцевых и др. Они содержат нефть и нефтепродукты, нафтеновые кислоты, углеводороды, спирты, альдегиды, кетоны, поверхностно-активные вещества, фенолы, смолы, аммиак, меркаптаны, сероводород и др.

2. Сточные воды, содержащие неорганические примеси. Сточные воды содовых, сернокислотных, азотнотуковых заводов, обогатительных фабрик свинцовых, цинковых, никелевых руд, шахт, рудников, катализаторных фабрик, металлургических предприятий, гальванических производств и др. Они содержат кислоты, щелочи, соли, сернистые соединения, ионы тяжелых металлов, взвешенные минеральные вещества и др.

Количество загрязненных сточных вод, сбрасываемых в озера, реки и моря, во всем мире достигает 250–300 км³ в год. Объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты России в 2010 г., 47 км³. Свыше 72% сточных вод, подлежащих очистке (13,8 км³), сбрасываются в водные объекты недостаточно очищенными, 17% (3,4 км³) - загрязненными без очистки и только 11% (2 км³) – очищенными до установленных нормативов.

Вместе со сточными водами в поверхностные водные объекты Российской Федерации ежегодно поступает около 11 млн т загрязняющих веществ.

Известно, что 1 км³ очищенной сточной воды ухудшает качество 10 км чистой речной воды, а не очищенной – в 3–5 раз больше. Если вспомнить, что объем годового стока всех рек мира составляет 40-41 тыс. км³, мы увидим, что почти весь мировой сток понадобится для разбавления сброшенных стоков. Таким образом, количество пресной воды не уменьшается, но ее качество резко падает. Основными источниками загрязненных сточных вод являются предприятия жилищно-коммунального хозяйства, промышленности и агропромышленного комплекса, на долю которых приходится свыше 90% общего объема сброса загрязненных сточных вод.

Объем сброса загрязненных сточных вод предприятиями жилищно-коммунального хозяйства составляет свыше 60% общего объема сброса загрязненных сточных вод в Российской Федерации. Причинами этого являются значительный износ очистных сооружений, применение устаревших технологий очистки сточных вод, прием объектами жилищно-коммунального хозяйства загрязненных стоков промышленных предприятий [22].

Основными источниками загрязнения водных объектов являются предприятия, осуществляющие целлюлозно-бумажное, химическое, металлургическое производство, полиграфическую деятельность, производство кокса, нефтепродуктов, добычу металлических руд, а также предприятия угольной промышленности.

Наибольший вред окружающей водной среде наносит выпуск промышленных сточных вод, даже прошедших очистку. В табл. 12 приведены компоненты сточных вод для разных отраслей промышленности.

Высокую степень воздействия на водные объекты оказывает рассредоточенный (диффузный) сток с сельскохозяйственных и селитебных территорий, площадей, занятых отвалами и отходами промышленного производства, а также трансграничные загрязнения.

Загрязнение вод различными отраслями промышленности [9]

Отрасль промышленности	Преобладающий вид загрязняющих компонентов
Нефтегазодобыча, нефтепереработка	Нефтепродукты, СПАВ, фенолы, аммонийные соли, сульфиды
Целлюлозно-бумажный комплекс, лесная промышленность	Сульфаты, органические вещества, лигнины, смолистые и жирные вещества, азот
Машиностроение, металлообработка, металлургия	Тяжелые металлы, взвешенные вещества, фториды, цианиды, аммонийный азот, нефтепродукты, фенолы, смолы
Химическая промышленность	Фенолы, нефтепродукты, СПАВ, ароматические углеводороды, неорганика
Горнодобывающая, угольная	Флотореагенты, неорганика, фенолы, взвешенные вещества
Легкая, текстильная, пищевая	СПАВ, нефтепродукты, органические красители, другие органические вещества

Значительную долю загрязнения вод составляет обычный бытовой мусор [9]. Подсчитано, что ежедневно на каждого человека - участника водных перевозок (пассажир или член команды) в среднем выбрасывается за борт от 1,1 до 2,6 кг мусора. Это дает 6,5 млн т/год. Значительная часть этого мусора с точки зрения экосистем практически вечна (табл. 13) и, скапливаясь вдоль берегов, в заводях, устьях рек, он серьезно нарушает нормальное функционирование гидробиоценозов.

Таблица 13

Время разложения компонентов бытового мусора в морской воде

Компонент	Время	Компонент	Время
Бумажная салфетка	2–4 недели	Окрашенное дерево	13 лет
Газета	6 недель	Разовый стаканчик*	50 лет
Тетрапак	2 мес.	Жестяная банка	50 лет
Огрызок яблока	2 мес.	Поплавок от сети	80 лет
Картонная коробка	3 мес.	Алюминиевая банка	200 лет
Х/б перчатка	1–5 мес.	Пластиковая бутылка*	
Х/б шнурок	3–4 мес.	Рыболовная леска*	450 лет
Пластиковая упаковка от банок с напитками	6 мес.	Стеклянная бутылка	500 лет
Шерстяная перчатка	1 год	* – пластик разложению не подвержен, но с течением времени измельчается	Вечно

Наиболее напряженная экологическая ситуация сложилась в бассейнах рек Волги, Оби, Енисея, Амура, Северной Двины и Печоры, загрязнены также поверхностные воды бассейнов рек Дона, Кубани, Терека и рек бассейна Балтийского моря.

Общий объём водоотведения (объём сброшенных сточных вод) по Кировской области в 2011 г. составил 191 млн м³. Основной объём сточных вод представлен «загрязнёнными недостаточно – очищенными» (104 млн м³) водами и «загрязнёнными без очистки» (71 млн м³).

4.2.2. Характеристика загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество - вещество в воде, вызывающее нарушение норм качества воды [20].

При рассмотрении состава сточных вод одним из основных понятий является концентрация загрязнений (т. е. масса загрязнений, приходящаяся на единицу объема воды), исчисляемая обычно в мг/л или в г/м³.

Обычно максимальные концентрации загрязнений бывают в утренние и вечерние часы, а минимальные – ночью. В зимний период концентрация загрязнений выше, чем летом, так как водоотведение на одного жителя зимой уменьшается.

Возможные источники загрязняющих веществ и особенности воздействия на организм приведены в табл. 14.

Таблица 14

Вредные вещества, содержащиеся в поверхностных и подземных водах и характер их воздействия на организм человека

Вещество 1	Источники 2	Воздействие на организм 3
Нитраты, нитриты	Отходы животноводства, удобрений, сточных вод	Метгемоглобинемия, рак желудка
Бром	Природный естественный фон	Нарушение функций почек, печени
Фтор	Природный естественный фон	Флюороз скелета и зубов
Хлорорганические соединения: четырёххлористый углерод, тригалометаны, хлорированные этилены	Побочный продукт хлорирования водопроводной воды	Онкологические заболевания, рак желудка, мутагенное действие
Фенол	Целлюлозно-бумажная промышленность, гербициды, кожевенная промышленность	Воздействие на печень, почки, онкологические заболевания
Железо	Старые проржавевшие водопроводные трубы, природный фон	Аллергические реакции, болезни крови, гипертоническая болезнь

1	2	3
Хлориды	Природный фон, побочный продукт хлорирования водопроводной воды	Гипертензия, гипертоническая болезнь, онкологические заболевания, заболевания сердечно-сосудистой системы
Марганец	Природный фон	Оказывает гонадотоксическое и элбриотоксическое действие

Тяжёлые металлы. Сточные воды металлургических, химических, машиностроительных и других предприятий загрязняют водоемы солями тяжелых металлов, травильными растворами, железом, цинком и другими неорганическими веществами, многие из которых являются сильнейшими ядами. Тяжелые металлы (Pb, Hg, Zn, Cu, Cd, Ni, Co, Sn, Cr) и другие токсичные вещества прогрессивно накапливаются в пищевых цепях, конечным звеном которых является человек. Высокотоксичны кадмий и цинк, содержащиеся в сбросных водах предприятий, занимающихся гальванизацией, а также заводов по выплавке цветных металлов, где эти металлы сбрасываются вместе со свинцом и медью. Вносятся опасения такие элементы, как селен, мышьяк, сурьма, ртуть и висмут. Металлическая ртуть малотоксична, в то время как метиловая ртуть – сильнейший яд. Всемирно печальную известность приобрело отравление японцев, питавшихся рыбой из залива Минамата, в который химический комбинат долгие годы сбрасывал отходы, содержавшие метиловую ртуть. Развившаяся у них болезнь, названная «минамата», привела к заболеванию около 300 человек, из которых 59 умерли.

В организм водных животных металлы попадают в основном с пищей. Для водных растений — через поверхность, путем непосредственного проникновения в ткани. Токсичность металлов зависит от концентрации, продолжительности действия, температуры, насыщенности воды кислородом и других факторов. Особенности токсического действия металлов заключаются в их универсальном влиянии на живые организмы как обшеплазматических ядов и способности к образованию комплексов с компонентами клеток, белков, аминокислот и других радикалов. Действие тяжелых металлов обусловлено денатурирующим эффектом на ткани, клетки, белки, заключающимся в нарушении структуры коллоидных систем, осаждении белков, в связывании и блокировании активных центров ферментов. В результате отравления тяжелыми металлами нарушается проницаемость оболочек клеток крови. Это доказано на примере действия свинца, при отравлении которым эритроциты становятся проницаемы для калия. Образующиеся при попадании в организм трудно растворимые гидроксиды, фосфаты, альбуминаты или стойкие комплексы с тяжелыми металлами плохо всасываются из желудочно-кишечного тракта и способны откладываться в органах и тканях, избирательно накапливаясь в них. Например, в почках отмечено высокое содержание ртути, в эритроцитах – свинца, хрома, мышьяка и селена. В ионизированном состоянии

металлы преимущественно депонируются в костной ткани (кадмий вызывает искривление и деформацию костей, сопровождающиеся сильными болями).

Азот аммонийный часто является причиной ограничения питьевого водоснабжения города Кирова. Имеет промышленное происхождение или является продуктом распада органических примесей (фекальные стоки). Первым продуктом распада является аммиак (аммонийный азот). В природной воде ионы аммония окисляются бактериями до нитратов и нитритов. Употребление воды с повышенным содержанием азота аммонийного приводит к нарушениям окислительной функции крови, может стать причиной онкологических заболеваний, отрицательно влияет на состояние нервной и сердечно-сосудистой систем.

Большое значение придается содержанию *галогенсодержащих* соединений – опасных для здоровья человека веществ, образующихся при дезинфекции воды хлором (хлорциана, хлороформа, четыреххлористого углерода, хлорпикрина и т. д.).

Пестициды поступают в водоемы с дождевыми и талыми водами (поверхностный сток), после авиа- и наземной обработки сельскохозяйственных угодий, лесов и водоемов пестицидами, с дренажно-коллекторными водами, образующимися при выращивании хлопка и риса, со сточными водами предприятий, производящими эти вещества. В составе мирового поверхностного стока содержится не менее 2 Мт инсектофунгицидов и других пестицидов органической природы, которыми ежегодно обрабатываются посеvy и насаждения сельскохозяйственных культур [9].

Стойкие пестициды (ДДТ и др.) способны к биоаккумуляции. Как правило, в воде часть их находится в растворенном виде в малых и ультрамалых концентрациях, порядка нг или мкг л⁻¹ воды, но значительно большая их доля адсорбирована на неорганических и органических частицах, на поверхности тел организмов бактерио-, фито- и зоопланктона. Гидробионты-фильтраторы, поглощая взвеси непосредственно из воды и выедавая фито- и бактериопланктон, накапливают пестициды в своих тканях и передают их в последующие звенья трофических цепей – рыбам. При отмирании планктон оседает на дно и загрязняет донные отложения. Донные отложения служат пищей организмам детритофагам, поедание которых рыбами бентофагами обеспечивает накопление пестицидов уже в их тканях. Таким образом, происходит загрязнение пестицидами двух основных подсистем водной экосистемы: пастбищной и детритной цепей питания.

Синтетические поверхностно-активные вещества. Обычные мыла изготавливаются нагреванием сала с каустической содой. Основной активный компонент такого мыла - стеарат натрия: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COONa}$, легко разлагается в водной среде и представляет опасность для окружающей среды не большую, чем другие легкоокисляемые органические вещества, входящие в состав бытовых сточных вод.

Но с 1950-х гг. начали применяться более эффективные *синтетические моющие средства* (СМС). В таких моющих средствах содержатся активные соединения - сурфактанты (детергенты), обладающие более сильными

поверхностно-активными свойствами, чем «натуральное» мыло. Кроме того, СМС или *синтетические поверхностно-активные вещества* (СПАВ) лучше стирают в жесткой воде, в которой применение обычного мыла затруднено.

Обычно такое поверхностно-активное вещество растворено в триполифосфате натрия или в четырехзамещенном трифосфате натрия. Если мыло в воде подвергается полному гидролизу и разлагается до легко усвояемых водной микрофлорой соединений, то СМС обладают многими нежелательными свойствами (вспенивание воды, возникновение кислородного дефицита, токсичность для гидробионтов). Кроме того, входящие в состав СМС фосфатные наполнители вызывают эвтрофирование водоемов. В связи с последней опасностью в настоящее время фосфорсодержащие детергенты в развитых странах заменены сульфатсодержащими веществами.

Кроме того, они содержат добавочные ингредиенты: ароматизирующие вещества, отбеливающие реагенты (персульфаты, пербораты), токсичные для водных организмов. В настоящее время СПАВ – одни из самых распространенных химических загрязнителей водоемов. Они поступают в водные объекты в результате их широкомасштабного применения с бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными стоками. В сельском хозяйстве поверхностно-активные вещества используются для эмульгирования пестицидов. В подземные воды поверхностно-активные вещества попадают в результате применения почвенных методов очистки сточных вод, при пополнении запасов подземных вод из открытых водоемов и при загрязнении почвы этими веществами.

Среднее потребление детергентов на одного жителя планеты составляет 2,5 г/сут. При нормах водоотведения в пределах 125–350 л на человека в сутки среднее расчетное содержание поверхностно-активных веществ в бытовых сточных водах колеблется в пределах 7,1–20 мг л⁻¹.

Поверхностно-активные вещества - «экологически жесткие» вещества. На их окисление расходуется много растворенного кислорода, который, таким образом, отвлекается от процессов биологического окисления. Кроме этого косвенного вреда, детергенты оказывают и прямое токсическое действие на водных животных. Они нарушают функции биологических мембран. Это вызывает жаберные кровотечения и удушье у рыб и беспозвоночных животных. Для теплокровных они усиливают токсическое и канцерогенное влияние других загрязняющих веществ. Как было сказано выше поверхностно-активные вещества бытового назначения – анионные детергенты. Обычно они менее токсичны, чем неионные. Последние особенно трудно ассимилируются природной средой и крайне отрицательно влияют на состояние водных экосистем.

Нефтепродукты [9]. В настоящее время поверхность Мирового океана на огромных площадях оказалась покрытой углеводородной пленкой. Причинами этого считают:

– сброс отходов нефтеперегонных заводов (например, только один завод средней мощности дает 400 т отходов/сут.);

– сброс балласта и промывка танков нефтяных танкеров после транспортировки (количество нефти, попадающей при этом в воду, в среднем, составляет 1% от перевозимого груза, т. е. $1-2 \text{ Мт год}^{-1}$);

– большое число аварий с нефтеналивными судами.

Формы нефтяных загрязнений. В море нефть встречается в самых разных формах: мономолекулярные пленки, пленки толщиной до нескольких миллиметров, пленки на скалах, нефть в донных осадках, эмульсии «вода в нефти» или «нефть в воде», нефтяные агрегаты.

Сразу же при попадании нефти в морскую среду обычно образуется слик (поверхностная пленка). В первые часы существования нефтяного слика доминируют физико-химические процессы. Затем важнейшее значение приобретает микробная деструкция. В целом судьба нефтяного слика в море характеризуется общей цепью последовательных процессов: испарение, эмульгирование, растворимость, окисление, образование агрегатов, седиментация, биодеградация, включающая микробное разрушение и ассимиляцию.

1 т нефти, растекаясь по поверхности океана пленкой толщиной в $1/16 \text{ мкм}$, занимает площадь $10-12 \text{ км}^2$, а 5 т, сброшенных при промывке танков, образуют на поверхности воды покрывало длиной 75 км и шириной 800 м, т. е. нефтяная пленка покрывает площадь около 60 км^2 .

Воздействие нефтепродуктов на водные экосистемы. Мазут, дизельное топливо, керосин (сырая нефть значительно легче подвергается биологической и другой деструкции), покрывая пленкой воду, ухудшают газо- и теплообмен океана и атмосферы, поглощают значительную часть биологически активной компоненты солнечного спектра.

Интенсивность света в воде под слоем разлитой нефти составляет, как правило, только 1% интенсивности света на поверхности, в лучшем случае 5–10%. В дневное время слой темноокрашенной нефти лучше поглощает солнечную энергию, что приводит к повышению температуры воды. В свою очередь, в нагретой воде снижается количество растворенного кислорода и увеличивается скорость дыхания растений и животных.

При сильном нефтяном загрязнении наиболее очевидным оказывается ее механическое действие на среду. Так, нефтяная пленка, образовавшаяся в Индийском океане в результате закрытия Суэцкого канала (маршруты всех танкеров с аравийской нефтью шли в этот период через Индийский океан), снизила испарение воды в 3 раза. Это привело к уменьшению облачности над океаном и развитию засушливого климата в прилегающих районах.

Немаловажным фактором является биологическое действие нефтепродуктов: их прямая токсичность для гидробионтов и околоводных организмов. Береговые сообщества можно расположить по возрастанию чувствительности к нефтяному загрязнению в следующем порядке: скалистые берега, каменные платформы, песчаный пляж, галечный пляж, укрытые скалистые берега, укрытые пляжи, марши и мангровые заросли, коралловые рифы.

Соединения бора. Подземные воды Кировской области характеризуются повышенным содержанием соединений бора. Бор относят к иммунотоксичным элементам. Считается, что верхний предел среднесуточной, безопасной дозы потребления бора для человека – 13 мг. При непродолжительном употреблении внутрь бора в повышенных концентрациях возникает раздражение желудочно-кишечного тракта. При длительном воздействии соединений бора нарушение процессов пищеварения приобретает хронический характер (развивается так называемый «борный энтерит»), возникает и борная интоксикация, которая может поразить печень, почки, центральную нервную систему. В длительных исследованиях на животных было выявлено негативное воздействие бора на репродуктивную функцию у мужских особей (в частности, снижение выработки сперматозоидов и развитие атрофии яичка), а также токсическое действие на эмбрион во время беременности с возможностью возникновения дефектов у новорожденных. По данным Агентства по учету токсических веществ и болезней США, серьезных последствий при каждом контакте с соединениями бора не установлено. При высоких концентрациях в месте контакта возможно появление раздражения кожи. В исследованиях под эгидой Всемирной организации здравоохранения не было также выявлено мутагенной активности боратов и борной кислоты.

Фтор попадает в организм человека главным образом с водой. Но в природных водах его обычно мало. Наиболее высокие концентрации в подземных водах – артезианских и грунтовых. Кариес зубов, связанный с недостаточностью фтора в воде, является одним из самых распространенных заболеваний населения земного шара. Однако избыток фтора в воде разрушает зубы, вызывая другое заболевание - флюороз. Оказалось, что фтор стимулирует многие физиологические процессы в организме. Особенно важно, что он принимает участие в обмене фосфора, необходимого не только для нормального роста и развития костной ткани, но и для процессов кроветворения. Какое же количество фтора можно считать оптимальным для человека? Подавляющее большинство гигиенистов называют цифры от 0,7 до 1,2 мг/л. Там, где население пользуется питьевой водой с таким содержанием фтора, заметно снижается заболевание кариесом. В настоящее время применяется метод фторирования питьевой воды. В России оно впервые введено в городе многолетней мерзлоты – Норильске.

Загрязняющие вещества в водных объектах Кировской области

Вместе со сточными водами в водоёмы Кировской области было сброшено 117 тыс. т загрязняющих веществ.

Для поверхностных источников водоснабжения Кировской области и (питьевой воды) наиболее часто отмечается превышение норм ПДК по следующим веществам: железо, марганец, азот аммонийный, хлорорганические соединения, фенол. Для подземных источников водоснабжения: бор, фтор, йод, нитраты, нитриты.

Для выявления степени влияния качества питьевой воды на заболеваемость населения Управлением Федеральной службы по надзору в

сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кировской области (Управление Роспотребнадзора) применяется методология оценки рисков. Рассчитанные риски установили влияние качества воды на здоровье населения. Средний уровень неканцерогенного риска от содержащихся в питьевой воде области химических веществ (аммиака, бора, железа, кальция, нитратов, нитритов, фторидов) составил 0,57 для взрослого населения и 1,3 для детского населения (выше 1 – есть влияние). Превышение допустимого неканцерогенного риска для взрослого населения отмечено в Арбажском и Даровском районах, где основной вклад в формирование рисков дает фтор (80,7 и 84,4%). В Орловском, Санчурском и Яранском районах нитратами обусловлено 78,4, 84,3, 78,7% вклада в формирование рисков соответственно.

Превышение допустимого неканцерогенного риска для детского населения от загрязнителей питьевой воды отмечено в 25 районах области, показатель составил от 1,057 до 3,473. Риск обусловлен в основном нитратами и железом. В среднем по области приоритетными по вкладу в суммарный неканцерогенный риск загрязнителями воды являются нитраты (38% вклада), фториды (33%), бор (15%), однако в разных районах их содержание существенно различается.

4.2.3. Эвтрофирование вод [9]

Эвтрофирование (эвтрофикация) – повышение уровня первичной продукции вод благодаря увеличению в них концентрации биогенных элементов, главным образом азота и фосфора [23].

Эвтрофирование – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных (природных) факторов [20].

В отечественной литературе, в отличие от англоязычной, где термин один (eutrophication) существуют варианты термина: эвтрофирование, эвтрофикация, эвтрофизация, эвтрификация, эвтрофия, евтрофирование, евтрификация, евтрофия.

Трофический статус водного объекта

Еще в 1915 г. Тинеманн предложил различать по трофности (от «трофе», гр. – питание) эвтрофные («хорошо питающиеся», «тучные») и олиготрофные («недостаточно питающиеся», «тощие») водоемы. Первоначально классификация основывалась на соотношении объемов эпилимниона (верхнего, трофогенного – «питающего» слоя озера) и гиполимниона (нижнего, трофолитического – «питающегося» слоя). Классификация оказалась очень удачной, естественной и применяется, в несколько модифицированном виде (добавлены гиперэвтрофные, мезотрофные, ультраолиготрофные, дистрофные водные объекты), по настоящее время.

Отличительным признаком олиготрофных водоемов является высокая прозрачность воды благодаря низкой численности планктонных водорослей, обусловленной низким содержанием биогенов. Содержание кислорода в воде в течение всего года близко к насыщению. Из-за малости биомассы первичных продуцентов биомассы на высших трофических уровнях также невысоки. Дно

водоемов песчаное или каменистое. Как правило, относительно глубокие и узкие озера. При малости биомасс компонентов, отличаются высоким разнообразием состава. Фауна и флора представлены видами, характерными для олигосапробных водоемов.

Эвтрофные водоемы. Простейшим индикатором эвтрофности является низкая прозрачность воды, вызванная массовым развитием планктонных водорослей. Желто-зеленый цвет типичен для эвтрофных вод. Высокое содержание биогенов и варьирующее содержание кислорода. Концентрация кислорода в гипolimнионе значительно снижается как во время летней стратификации, так и подо льдом зимой. Во всех эвтрофных озерах вода в эвфотическом слое перенасыщена кислородом в дневное время суток благодаря фотосинтезу, а в ночное время уровень содержания кислорода падает из-за дыхания. Донные осадки эвтрофных озер чрезвычайно богаты биогенами, благодаря накоплению органического вещества, поступающего из фотической зоны. Поначалу, это ведет к росту биомассы укорененных макрофитов. Затем рост фитопланктона затеняет погруженные растения. Плотные заросли полупогруженных макрофитов от этого не страдают и часто присутствуют вдоль берегов эвтрофных озер. По видовому составу эвтрофные водоемы близки к мезосапробным. Важной чертой эвтрофных озер является значительный урожай на корню, на всех уровнях пищевой цепи, включая рыб. Эвтрофные озера, как правило, очень рыбопродуктивны. Из-за пониженного содержания кислорода и расположения в теплых низинах в эвтрофных озерах редко встречается форель. Летние и зимние заморы рыбы типичны для эвтрофных вод.

Эвтрофирование и сукцессия

Одна из концепций сукцессии озерных экосистем предполагает, что озера проходят последовательно разные трофности, начиная с олиготрофности. Последней стадией является эвтрофия, затем озеро замещается болотом и, наконец, сушей. Эта концепция получила название старения озер. Теории сукцессии озер основывались на ярких примерах сукцессии маленьких горных водоемов и под влиянием развития идей сукцессии для наземных биоценозов. Тем не менее сукцессия и климакс обоснованы теоретически для озер не так хорошо, как для экосистем суши. Фактически рассмотрение озер мира приводит к выводу, что идея изменения от олиготрофности к эвтрофности через мезотрофность является только одним возможным путем развития озера.

В действительности два главных фактора контролируют эвтрофирование озера:

- средняя глубина озера;
- размеры и плодородие его бассейна.

Скорость, с которой озеро движется к эвтрофности, определяется колебаниями местных климатических условий, особенно температурой и осадками.

Лимитирующие факторы

Для протоплазмы нормальным соотношением весов главных структурных химических элементов является 1P:7N:40C, т. е., на 2 г фосфора приходится 14 г азота и 80 г углерода на 1 кг живого веса (сырой биомассы) организмов.

Учитывая, что источником углерода для водорослей является повсеместно имеющаяся углекислота, можно заключить, что ограничивать (лимитировать) интенсивность новообразования органического вещества (первичной продукции) могут азот и фосфор. Если в системе присутствует только 1 г фосфора и 7 г азота, масса органического вещества не может превысить 500 г. Тот же результат будет, если фосфора будет 10 г, а азота 7 г, или азота – 50 г, а фосфора – 1 г. Таким образом, лимитирующим фактором выступает тот элемент, пропорция которого в среде меньше.

Если в водоеме соотношение числа атомов растворенных форм азота к числу атомов растворенного фосфора меньше 16:1 (7:1 по весовой концентрации), то мы наблюдаем лимитирование по азоту. Привнесение минеральных или органических соединений азота в такой водоем должно вызвать развитие водорослей. Если соотношение азота и фосфора больше 16:1 (7:1, соответственно), то водоем лимитирован по фосфору и вспышку развития водных растений вызовет добавка фосфора.

Агенты эвтрофирования

Главными агентами эвтрофирования могут выступать соединения азота и фосфора, главным образом, в виде нитратов и фосфатов. Источники поступления агентов эвтрофирования:

- естественное вымывание питательных веществ из почвы и выветривание пород;
- сбросы частично очищенных или неочищенных бытовых сточных вод, содержащих органические соединения азота и фосфора, нитраты и фосфаты;
- смыв неорганических удобрений, содержащих нитраты и фосфаты;
- смыв с ферм навоза, содержащего органические соединения азота и фосфора, нитраты, фосфаты, и аммиак;
- смывы с нарушенных территорий (шахты, отвалы, стройки, неправильное использование земель);
- сбросы детергентов, содержащих фосфаты;
- поступление нитратов из атмосферы.

Стадии эвтрофирования

При эвтрофировании водная экосистема последовательно проходит несколько стадий. Сначала происходит накопление минеральных солей азота и/или фосфора в воде. Эта стадия, как правило, непродолжительна, так как поступающий лимитирующий элемент немедленно вовлекается в кругооборот и наступает стадия интенсивного развития водорослей в эпилимнионе. Нарастает биомасса фитопланктона, увеличивается мутность воды, повышается концентрация кислорода в верхних слоях воды.

Затем наступает стадия отмирания водорослей, происходят аэробная деградация детрита, образование хемоклина. Интенсивно отлагаются донные илы с повышенным содержанием органики. Отмечаются изменения зооценоза (замещение лососевых рыб карповыми).

Наконец, наступает полное исчезновение кислорода в глубинных слоях и начинается анаэробное брожение. Характерно образование сероводорода, сероорганических соединений и аммиака.

Рассмотренные стадии практически полностью соответствуют рассматривавшимся выше статусам сапробности гидробиоценозов. Это не может удивлять, поскольку действующий фактор в обоих случаях один и тот же – обогащение воды органическими соединениями. Особенности эвтрофирования водотоков, небольших и крупных водоемов те же, что и рассмотренные для поступления органического вещества, т. е. образование гиперэвтрофной, эвтрофной, мезотрофной и олиготрофной зон, расположенных концентрически вокруг источника биогенных элементов для крупных водоемов, или соответствующих зон ниже по течению водотока от места сброса.

Опасности эвтрофирования подвергаются даже моря. Так, в настоящее время Северное море получает азота в 4 раза больше фонового уровня, фосфатов – в 7 раз больше фонового. От этого прироста 37% азота и 68% фосфата – из бытовых сточных вод, 60% азота и 25% фосфатов – из сельскохозяйственных смывов (Frid, 2002).

Хозяйственные последствия эвтрофирования

Обильная растительность может препятствовать движению воды и водного транспорта, вода может стать непригодной для питья даже после обработки, рекреационная ценность водоема может снизиться, могут исчезнуть коммерчески важные виды (такие как форель). Наконец, эвтрофирование приводит к вспышкам «цветения» (массового развития) водорослей.

Цветение водорослей наносит двоякий ущерб водной системе. Во-первых, они снижает освещенность, вызывая гибель водных растений. Тем самым нарушаются естественные местообитания многих гидробионтов. Во-вторых, при отмирании водорослей потребляется много кислорода, что может привести к тем же последствиям, что и прямое внесение органики в воду. В 1988, 1989 гг. в восточном Северном море наблюдалась вспышка развития *Chrysochromulina* sp. в богатых биогенами водах, выносимых Рейном. При этом отмечены массовые заморы рыбы в шведских и норвежских водах.

Кроме обогащения воды легкоокисляемой органикой, приводящей к заморам, водоросли способны продуцировать и токсические вещества (альготоксины). Так, *Alexandrium tamarense* вырабатывает сакситоксин нервно-паралитического действия, аккумулируемый съедобными моллюсками. *Prymnesium parvum* выделяет вещества, высокотоксичные для рыб. Токсины, образуемые *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* действуют на печень и могут быть нейротоксичны. Например, в 1989 г. при массовом развитии синезеленых водорослей в английских озерах погибло несколько собак.

Борьба с эвтрофированием

Как и любые меры по охране окружающей среды складывается из двух групп методов: восстановительных и профилактических.

Восстановительные методы включают в себя:

- отвод стока для снятия нагрузки по биогенам;
- разбавление вод для снижения концентрации биогенных элементов;
- углубление дна для увеличения объема гипolimниона;
- драгирование для изъятия биогенных элементов, депонированных в донных осадках;
- изъятие вод из гипolimниона;
- спуск водохранилищ;
- химическую обработку для связывания и осаждения биогенных элементов или уничтожения водорослей;
- нарушение стратификации и реаэрацию;
- сбор фитомассы и биоманипуляцию.

Профилактические методы, используемые для предотвращения эвтрофирования:

- контроль сброса биогенных веществ;
- удаление биогенных веществ из сточных вод;
- использование предварительных отстойников;
- стратегическая перестройка управления водопользованием в бассейне.

Задания:

1. Перечислите типы загрязнения воды.
2. Чем опасно химическое загрязнение водоемов?
3. Что происходит при нефтяном загрязнении воды?
4. Что вам известно по проблеме эвтрофирования водоемов в вашем районе?
5. Перечислите меры по предотвращению эвтрофирования водоемов.

5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ И РЕГУЛИРОВАНИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОД

5.1. Способы снижения антропогенной нагрузки на водные объекты

В настоящее время существуют многообразные способы снижения антропогенной нагрузки на водные объекты. К основным способам можно отнести инженерно-технические мероприятия, организационно-планировочные меры, меры государственного регулирования водопользования.

Инженерно-технические мероприятия

1. *Снижение водопотребления.* С этой целью проводятся технические мероприятия и нормирование. К техническим мероприятиям относятся создание замкнутых систем водоснабжения или систем повторного использования воды.оборотное водоснабжение позволяет уменьшить расход свежей воды в десятки раз. Экономия свежей воды способствует сохранению водных ресурсов. При повторном и оборотном водоснабжении резко уменьшается количество сточных вод, тем самым меньше загрязняются водоемы.

2. *Совершенствование технологических процессов* с целью снижения сбросов загрязняющих веществ со сточными водами на предприятиях внедряются новые технологии очистки сточных воды, а также проводятся мероприятия по извлечению и утилизации ценных компонентов из сточных вод.

3. *Очистка сточных вод.*

Организационно-планировочные меры

К ним относятся меры по организации зон ограничения либо запрета хозяйственной деятельности вблизи водных объектов, в частности, выделение зон ограничения или запрета сброса сточных вод и размещения промышленных и бытовых отходов. Это зоны санитарной охраны источников питьевого водоснабжения, места нереста рыб, зимовальные ямы и т. д. Особое значение имеют водоохранные зоны, запретные полосы и зоны санитарной охраны источников питьевого водоснабжения.

Водоохранная зона – это прибрежная территория, примыкающая к береговой линии водных объектов, на которой устанавливается специальный режим для предотвращения загрязнения, засорения, истощения.

Водоохранная зона должна предотвращать загрязнение водного объекта за счет запрета в ней хозяйственной деятельности, могущей быть источником загрязнения (склады горюче-смазочных материалов, применение ядохимикатов, размещение отходов и т. п.); вынос продуктов эрозии почв за счет озеленения с целью перевода поверхностного стока в подземный; размыв берегов, – т. е. ухудшение качества вод. Минимальная ширина водоохранной зоны

устанавливается в зависимости от длины водного объекта (от 50 до 200 м). Ширина водоохранной зоны моря составляет 500 м.

Еще более жесткий режим природопользования устанавливается в границах прибрежной полосы, непосредственно примыкающей к водному объекту. Ее размер – от 30 до 50 м в зависимости от уклона берега.

На цветной вкладке приведены знаки, которые обозначают прибрежную защитную полосу и водоохранную зону.

Зоны санитарной охраны источников питьевого водоснабжения – примыкающие к водному объекту территории в районе заборных сооружений для питьевого водоснабжения, в границах которых устанавливается специальный режим природопользования с целью обеспечения качества воды водного объекта в соответствии с ГОСТ «Вода питьевая».

Существует 3 пояса зоны санитарной охраны водозабора. 3-й пояс – территория строгого режима размером не более 50 м (около 1 га площади, для скважин – территория в радиусе до 30 м – около 0,25 га). Здесь запрещается любая хозяйственная деятельность, не связанная с водоподготовкой. 2-й пояс – зона санитарных ограничений. Ее границы устанавливаются вдоль по водотоку: ниже водозабора не менее 250 м, выше – исходя из времени пробега воды от границ пояса до водозабора в год 95% обеспеченности от 3 до 5 сут. Боковые границы устанавливаются на расстоянии не менее 500 м от уреза воды. В границах зоны запрещается деятельность, отрицательно влияющая на качество воды, в том числе сброс сточных вод. Границы 3-го пояса вверх и вниз по течению водотока – те же, что и у 2-го пояса, боковые – по водоразделу. Конкретные границы зон санитарной охраны водозаборов режим хозяйственной деятельности в них устанавливается проектом, согласовываемым с органами Государственного санитарного надзора.

Меры государственного регулирования водопользования

Регулирование использования водных ресурсов осуществляется в соответствии с Водным законодательством.

В практике водохозяйственной деятельности применяются информационные, административные, разрешительные и экономические меры регулирования.

Информационные – ведение государственного водного реестра, мониторинга вод, государственного учета и отчетности использования водных ресурсов. Государственный водный реестр и мониторинг вод ведется Росгидрометом, Росводресурсы и Роснедра. Мониторинг водных объектов и антропогенных воздействий на них является подсистемой Единой государственной системы экологического мониторинга.

Административные. К ним относятся водное законодательство, лицензирование, нормирование, экспертиза водохозяйственной деятельности, контроль за водопользованием.

Разрешительные. Право пользования поверхностным водным объектом в Кировской области предоставляет Департамент экологии и

природопользования Кировской области. Лицензии на пользование подземными водами предоставляет Роснедра.

Экономические меры. Это меры программно-целевого управления, экономической оценки водных ресурсов, плата за пользование водными объектами, плата за загрязнение водных объектов, дотации, кредитование строительства водоохраных объектов.

5.2. Методы очистки воды [24–25]

Выделяют два основных пути очистки сточных вод: разбавление и очистка от загрязнений. Разбавление представляет собой такую меру, которая не ликвидирует воздействия сточных вод, а лишь ослабляет его на локальном участке водоема. Основной путь – очистка сточных вод от загрязнений.

Очистка сточных вод – это разрушение или удаление из них загрязняющих веществ, обеззараживание и удаление патогенных организмов

Сооружения для очистки сточных вод располагают таким образом, что вода проходит их последовательно, одно за другим. В сооружениях для механической очистки сначала выделяются наиболее тяжелые и наиболее крупные взвеси, а затем основные массы нерастворенных загрязнений; в последующих сооружениях для биологической очистки удаляются оставшиеся тонкие суспензии и коллоидальные и растворенные органические загрязнения, после чего производится обеззараживание сточных вод (дезинфекция). Образующийся на всех стадиях очистки осадок или избыточная биомасса поступает на сооружения по обработке осадка. Очищенные сточные воды могут направляться в оборотные системы водообеспечения промышленных предприятий, на сельскохозяйственные нужды или сбрасываться в водоем. Обработанный осадок может утилизироваться, уничтожаться или складироваться.

Методы очистки

Методы очистки производственных и бытовых вод можно подразделить на следующие группы: механические, физико-химические, химические, биологические и термические.

По своей сути эти методы могут быть рекуперационными и деструктивными. Первые предусматривают извлечение из сточных вод ценных веществ и последующую их переработку, а вторые - разрушение загрязняющих веществ путем их окисления или восстановления, в результате чего образуются газы или осадки.

5.2.1. Механические методы очистки сточных вод

Методов механической очистки достаточно только при промышленном оборотном водоснабжении некоторых производств. В большинстве случаев она лишь подготавливает сточные воды к обработке другими методами. При этом загрязненные воды осветляются на 30-60%. Механическая очистка применяется для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных и органических

примесей. Включает стадии процеживания, отстаивания, фильтрования и центрифугирования.

Для очистки сточных вод от крупных механических примесей во избежание засорения труб, каналов и насосов гидросистемы применяют решетки и сита с различными размерами ячеек в зависимости от характера загрязнения. Решетки бывают подвижными и неподвижными; очистку их от крупных частиц проводят с помощью граблей.

Отстойники и песколовки (см. цветную вкладку) предназначены для предварительной очистки сточных вод от минеральных и органических твердых загрязнений со сравнительно большими размерами частиц (0,2-0,25 мм). Скорость движения воды в отстойнике невелика (0,3 м/с). Недостатками отстойников являются сравнительно низкая эффективность, невысокая скорость удаления частиц, большие размеры: отстойники занимают много места, к тому же на их изготовление идет значительное количество материалов (металла, бетона).

5.2.2. Физико-химические и химические методы очистки воды

Физико-химические методы очистки используются для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных частиц, растворимых газов, минеральных и органических веществ и включают: коагуляцию, флокуляцию, электрокоагуляцию, флотацию, адсорбцию, ионный обмен, экстракцию, электрохимические методы (электродиализ).

Процесс укрупнения мелких частиц (1–100 мкм) с последующим удалением их под действием силы тяжести называют *коагуляцией*. Если же удельный вес этих частиц ниже удельного веса воды (эмульгированные частицы масел, жира и т. д.), то процесс называют *флокуляцией*. По аналогии с отстойником и нефтеловушкой в коагуляторах и флокуляторах удаление вредных примесей происходит соответственно из нижней или верхней части аппарата. При коагуляции в воду добавляют коагулянты (соли алюминия, железа или их смеси), которые образуют хлопья гидроксидов металлов, осаждающие частицы под действием силы тяжести. Флокулянтами служат крахмал, декстрин, эфир, диоксид кремния.

Флотацию применяют для удаления частиц, которые плохо отстаиваются, а также для удаления растворенных веществ, в том числе поверхностно-активных, отходов нефтепереработки, производства искусственного волокна и целлюлозно-бумажного производства и т. д. Флотацию называют пенным концентрированием. Размер удаляемых частиц составляет 0,2–1,5 мм. В качестве пенообразователей в воду добавляют сосновое масло, креозол, фенолы. Они способствуют прилипанию частиц к пузырькам пены, которая затем выводится из аппарата. Флотация имеет высокую степень очистки (95–98%).

Адсорбция – это прилипание частиц, находящихся в очищаемой среде, к твердым веществам – сорбентам. В качестве сорбентов применяют активированные угли, синтетические сорбенты, некоторые отходы производства (золу, шлаки, опилки). Процесс происходит в адсорбционных

установках при перемешивании адсорбента с водой, при фильтровании ее через слой адсорбента или в кипящем слое. Адсорбцию применяют для глубокой очистки сточных вод от фенолов, пестицидов, ароматических соединений, красителей и т. д. Этот метод имеет ряд преимуществ, в том числе высокую степень очистки (80-95%), возможность улавливания токсичных веществ при невысокой их концентрации, очистки сточных вод, содержащих несколько вредных веществ.

Ионный обмен применяют для очистки сточных вод от металлов и соединений мышьяка, фосфора, цианидов и радиоактивных веществ, а также для обессоливания и подготовки воды для нужд энергетики. Ионный обмен - процесс взаимодействия раствора с твердой фазой, обладающей способностью обменивать ионы, содержащиеся в ней, на другие ионы, присутствующие в растворе. В качестве твердой фазы (ионитов) применяют алюмосиликаты, фторалпатит, силикогели, гидроксиды алюминия, хрома и т. д. Преимуществами процесса являются возможность рекуперировать ценные вещества из загрязнений, высокая степень очистки, удаление высокотоксичных веществ, в том числе супсрэкотоксикантов. Это метод дорогой, он требует четкой организации процесса и решения проблемы регенерации ионитов.

Экстракцию применяют при относительно высокой концентрации вредных веществ (фенолов, масел, органических кислот, ионов металлов); концентрация должна составлять не менее 3–4 г/л. При меньшей концентрации экономически выгоднее применять адсорбцию. Процесс экстракции состоит из трех стадий: интенсивного смешивания сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем), разделения чистой воды и загрязнений, регенерации загрязнений. Этот метод применяют тогда, когда стоимость удаляемых веществ (например, ценных металлов) компенсирует затраты на проведение процесса.

Обратный осмос – это процесс фильтрования растворов через полупроницаемые мембраны; происходит на молекулярном уровне и требует значительных затрат, но обеспечивает глубокую очистку от высокотоксичных вредных веществ.

Электрохимические методы включают в себя анодное окисление, катодное восстановление, электрокоагуляцию, электрофлокуляцию и электродиализ. Как видно из названий, эти процессы происходят при пропускании через сточную воду электрического тока. Недостаток методов – большой расход электроэнергии. Электрохимическими методами извлекают цианиды, роданиды, амины, спирты, сульфиды, меркаптаны. Электродиализ применяют для опреснения соленых вод с использованием ионизированных веществ.

Химические методы очистки воды

С помощью химических методов очистки наиболее часто удаляют ионы тяжелых металлов. К основным видам относят нейтрализацию, окисление, озонирование.

Нейтрализацию проводят в сточных водах, содержащих кислоты или щелочи, таким образом, чтобы показатель рН имел значение от 6,5 до 8,5. Нейтрализовать сточные воды можно смешиванием одних вод с другими (кислые – с щелочными), добавлением необходимых реагентов, фильтрованием, прокачкой кислых вод через нейтральные материалы, пропусканием через щелочные воды кислых газов.

Окисление сточных вод проводят хлором, перекисью водорода, кислородом воздуха, диоксидом марганца, озоном.

Восстановление применяют для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома, мышьяка, для чего в воду вводят сульфит железа, гидросульфит натрия, гидразин, сероводород или алюминиевую пудру.

Удаление ионов тяжелых металлов проводят реагентным методом. Ртуть, хром, кадмий, цинк, свинец, медь, никель удаляют с помощью гидроксидов кальция и натрия, карбонатов и сульфидов натрия, феррохромного шлака и т. п.

5.2.3. Биологические методы очистки сточных вод, активный ил

Эти методы основаны на способности некоторых микроорганизмов использовать вредные (чаще всего органические) вещества для своего питания в процессе жизнедеятельности. Контактывая с этими вредными веществами, микробы частично разрушают их, превращая в воду, диоксид углерода, нитрит- и сульфат-ионы и др. Вид используемых микроорганизмов - активный ил либо биопленки. Биохимическая очистка сточных вод может осуществляться в природных условиях (поля орошения, биологические пруды) или в искусственных сооружениях (аэротенках (см. цветную вкладку), биофильтрах).

Аэробную (с потреблением микробами кислорода) и анаэробную (без потребления кислорода) очистку осуществляют в метантенках, где происходит сбраживание с выделением спиртов, кислот, ацетона, углекислого газа, водорода, метана.

При использовании биохимических методов очистки сточных вод возникают проблемы сохранения активного ила (он не выдерживает низкой температуры), удаления и рационального использования продуктов процесса (в том числе взрывоопасных метана и водорода), необходимости доочистки твердых осадков.

Активный ил. Способ биологической очистки возможен, если содержащиеся в стоках воды органические и минеральные вещества способны окислиться в результате биохимических процессов и если условия среды, т. е. наличие растворенного кислорода, рН, температура, концентрация в воде вредных веществ не превышают предельно допустимые величины, при которых не нарушается жизнедеятельность микроорганизмов. Биологическая очистка интенсивно происходит в интервале рН от 6,5 до 8,2. Температура бытовых сточных вод обычно колеблется в пределах 10–15 °С. Сточные воды содержат определенное количество биогенных элементов (азот, фосфор, калий, железо), которые необходимы для питания бактерий.

Процесс биологической очистки сточных вод происходит в аэротенках. Жидкость в аэротенке очищается активным илом, который представляет собой сложный биоценоз различных организмов.

Активный ил имеет вид хлопьев бурого цвета; при отстаивании жидкости, взятой из аэротенка, он выпадает в осадок. Под микроскопом видно, что хлопья активного ила состоят в основном из бактериальных клеток. На поверхности хлопьев, между ними или, реже, внутри них обычно находятся разнообразные простейшие и даже многоклеточные – нематоды (черви) и коловратки.

По способу питания микробы делятся на гетеротрофов (используют готовые органические вещества) и автотрофов (питаются только одним минеральным продуктом – нитрификаторы и серобактерии).

В биоценозах активного ила практически отсутствуют организмы с автотрофным типом питания, (виды способные фотосинтезом создавать органические вещества). Это объясняется недостатком света в толще активного ила, поэтому водоросли встречаются в виде обрастаний на стенках сооружений на границе активного ила и воздуха, в первичных отстойниках в связи с высокой концентрацией растворенных органических веществ могут существовать немногие виды (вольвоксовые, сине-зеленые водоросли).

Активному илу свойственен гетеротрофный тип питания - поглощение готовых органических веществ.

В очистных сооружениях бактерии играют главную роль в очистке фекальных вод (хозяйственно-бытовых вод) – они расщепляют органические вещества, превращая их в безвредные растворимые неорганические соединения, микроорганизмы – лучшие санитары Земли. Кроме того, переводя их в вещество своего тела, бактерии делают его доступным организмам, неспособным к усвоению растворенных веществ, т. е. бактерии образуют первое пищевое звено на очистных сооружениях. Бактериальная клетка обладает наиболее универсальным набором ферментов (ферменты (энзимы), подобны катализаторам, ускоряют реакцию, но не входят в состав конечных продуктов), способных охватить множество разнообразных реакций, каждый фермент действует на строго определенный субстрат (продукт, вещество).

Бактерии отличаются чрезвычайным лабильным обменом. Они в большей степени, чем другие микро- и макроорганизмы, способны приспосабливаться к неблагоприятным окружающим условиям. При поступлении на очистные сооружения сточных вод, содержащих токсичные вещества, единственными обитателями сооружения часто остаются бактерии. Они не только более устойчивы к действию ядовитых веществ, но и легче других живых организмов адаптируются к использованию новых источников питания.

Общая оценка степени очистки сточных вод по процессам следующая: механические методы – 50–70%, физико-химические - 90-95%, химические -80-90%, биохимические – 85–95%.

Задания:

1. Предложите схему очистки сточных вод животноводческих комплексов.

2. Почему биологическая очистка сточных вод проводится после механической очистки?

6. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

6.1. Характеристика водных ресурсов Кировской области [26]

Водные ресурсы области в год 95% обеспеченности составляют 28,4 км³, из них 18,3 км³ – сток, формирующийся в пределах области и 10,1 км³ – сток, поступающий со смежных территорий. 7,1 км³ в год потенциально возможны к использованию, остальные предназначены для поддержания природоохранного расхода.

Протяжённость рек, протекающих по территории Кировской области, составляет 66628 км. Большинство водотоков в области представлено ручьями и малыми реками, а большие реки – их верховьями. Эта особенность обусловлена расположением области на водоразделе, который проходит по Северным Увалам и Верхнекамской возвышенности.

Кировская область расположена в бассейнах рек Волги и Северной Двины. Средняя густота речной сети по области составляет 0,55 км/км². Наибольшую величину эта характеристика имеет в бассейне р. Юг и на северных притоках реки Вятки. Наименьшей по области средней густотой речной сети отличается правобережная часть нижнего течения р. Вятки, особенно водосбор р. Ошторы.

Потенциал водной энергии по Кировской области составляет: валовый – 4,4 млрд кВт/час в год; технически приемлемый – 3,5 млрд кВт/час в год; эколого-экономически целесообразный – 3 млрд кВт/час в год. Мощность водной энергии оценивается в 500 МВт.

На территории Кировской области имеются 19753 водотока общей протяжённостью 66628 км, из них 94,6% относятся к категории малых водотоков длиной до 10 км (в основном ручьи и малые реки). Область расположена в верхней части бассейнов рек Волга и Северная Двина. Река Вятка – самый крупный водоток Кировской области, являющийся правобережным притоком р. Камы.

Общая заболоченность территории области составляет 2,4%. Наиболее крупные болотные массивы площадью 10–25 тыс. га и более находятся в верхнем течении р. Вятки, до впадения рек Кобра и Черная Холуница, а также в верхней части бассейна Камы. Значительные по площади заболочиваемые массивы, нередко превышающие 10–15 тыс. га, встречаются в бассейне среднего течения Вятки, от впадения р. Чепцы до впадения р. Пижмы. Наиболее характерно распространение низинных и переходных болот, приуроченных к долинам рек и глубоким понижениям.

Озерность на территории области около 0,2%. Наиболее распространены мелкие пойменные озера, образованные из стариц. Небольшую группу составляют озера карстового происхождения. Они находятся в Медведском бору Нолинского района (оз. Чваниха), в Уржумском районе (оз. Шайтан), в Санчурском районе (оз. Мусерское) и в некоторых других местах.

Имеется значительное количество прудов, созданных на реках и малых водотоках в различных целях. На территории области насчитывается 701 пруд объемом менее 1 млн м суммарной емкостью 91,95 млн м при площади зеркала 57,23 км².

В области расположены 32 водохранилища с емкостью каждого от 1,0 млн м³ и более. Их суммарная проектная емкость составляет 176,76 млн м³ при площади зеркала 69,29 км². Все водохранилища области относятся к категории малых. Наиболее крупными из них являются 5 водохранилищ: Белохолуницкое - полным проектным объемом 51,0 млн м³; Омутнинское – 32,5 млн м³; Большое Кирсинское – 18,0 млн м³; Чернохолуницкое – 12,0 млн м³; Созимское – 11,3 млн м³.

Подземные воды. В Кировской области на 01.01.2012 г. насчитывается 7377 эксплуатационных водозаборных скважин, из них 5383 – действующие и резервные, 1994 – бездействующие. Для водоснабжения Кировской области используется 69 родников.

6.1.1. Поверхностные воды Кировской области [26]

Реки

Кировская область имеет довольно густую речную сеть. В пределах Вятского и Северных увалов ее густота больше и равна 0,23–0,27 км/км², в низинах – 0,17. Эти показатели превышают среднюю густоту речной сети для территории России, равную 0,14 км/км².

Все реки области относятся к двум бассейнам: реки крайнего Севера – к бассейну Северного Ледовитого океана и реки большей части области, имеющие сток в южном направлении, – к бассейну Каспийского моря. Водораздел между ними проходит по Северным увалам. Большую часть области занимает бассейн р. Вятки. На окраинах ее находятся верховья еще ряда рек. На северо-востоке расположено верхнее течение р. Камы; на севере – верховье Сысолы и Юга с притоком Лузой. Сысола и Юг принадлежат к бассейну Северной Двины. На северо-западе находится верховье Ветлуги, а на юго-западе – верховье р. Большой Кокшаги, впадающей в Волгу.

Современная речная сеть области прошла длительный путь развития, как и вся природа в целом. Верховья рек Вятки и Камы, а также некоторые их притоки в далеком прошлом принадлежали к системе рек Ледовитого океана, т. е. имели сток на север. Современный водораздел возник, по-видимому, при стоянке ледника последнего оледенения. Во время наступления ледника реки, стекавшие на север, встретив сплошную преграду, вынуждены были нести свои воды вдоль края ледника, а затем, найдя подходящие условия для стока, направились уже в южном направлении. Так образовались те характерные крючкообразные изгибы в верхнем течении, которые хорошо выражены у Вятки, Камы и Ветлуги. Пути движения водных потоков вдоль края ледника отмечены древними речными и водноледниковыми отложениями, а также рядом сквозных, ныне мертвых долин, прорезающих водоразделы. После отступления ледника воды обособляются в отдельные русла, во многих случаях

занимая старые долины. Таким образом, речная сеть области в основных ее чертах древняя, зрелая, характеризуется в преобладающем большинстве хорошо разработанными долинами рек. Глубина вреза рек по отношению к водоразделам на севере области меньше 30–40 м. В пределах Вятского увала долины рек более врезанные. У с. Атары на р. Вятке наибольшая глубина вреза – 170 м.

Русла большинства рек извилистые, со множеством стариц, со временем превращающихся в зарастающие озера и болота. Летом в руслах рек образуются песчаные отмели и перекаты, что связано, главным образом, с рыхлостью пород, слагающих их берега и ложе, с небольшими уклонами и малой скоростью течения. Скорость течения изменяется от 0,1–0,3 м/сек. на плесах до 0,7–1,0 м/сек. на некоторых перекатах. Если степень развития и конфигурация гидрографической сети зависят от событий геологического прошлого, то современный облик ее и особенно водность обусловлены главным образом климатом, а также другими компонентами природы (геологическое строение и рельеф, почвенный покров, облесенность, подземные воды) и деятельностью человека.

Водность рек в значительной степени зависит от характера их питания. Реки области получают воду от таяния снега, от дождей и грунтовых вод. По классификации реки бассейна Камы, Вятки и Ветлуги относятся к типу с преимущественно снеговым питанием (более 50%). Дожди влияют на речной сток летом и осенью, вызывая кратковременный и сравнительно невысокий подъем воды. Зимой, когда реки покрываются льдом и поверхностный сток отсутствует, грунтовые воды являются единственным источником их питания. Они поддерживают течение воды в реке и летом. Реки Кировской области, благодаря расположению в зоне избыточного увлажнения, отличаются сравнительно большой величиной стока. При малых потерях на испарение и фильтрацию, на образование стока идет наибольшая доля выпадающих осадков – до 54% их годовой суммы. Это обуславливает сравнительно высокую водность рек.

Лето характеризуется значительным снижением уровня воды. Межень наступает в июле – августе. Минимальные уровни наблюдаются чаще всего в августе и сентябре. Нередко летняя межень нарушается дождевыми паводками. Новое, более продолжительное повышение уровня бывает осенью во второй половине сентября и в октябре. Оно связано с частым выпадением дождей, с понижением температуры и уменьшением испарения. В отдельные годы повышение уровня воды осенью бывает очень значительное. Зимой, когда даже грунтовое питание ослабевает, уровень воды в реках, как и летом, низкий, особенно в ноябре – декабре. Реки с подобным водным режимом – высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью и повышенным осенним стоком за счет дождей – Б.Д. Зайковым отнесены к восточно-европейскому типу. Колебания в расходах воды находятся в соответствии с колебаниями уровня воды. Наибольшие расходы наблюдаются в период весеннего половодья; они примерно в 8–10 раз выше среднего годового расхода. Низкие расходы воды в реках бывают во время летней и зимней

межени. Замерзают реки Кировской области в первой половине ноября, но в отдельные годы происходят значительные отклонения от среднего срока. Иногда реки замерзают рано – в половине октября, а в другие годы очень поздно – в начале декабря. Замерзание начинается с появления заберегов, сала или шуги. Несколько позднее наступает ледоход, а затем и ледостав. На малых реках осеннего ледохода не бывает и ледяной покров образуется путем смерзания заберегов. Наибольшую толщину лед имеет перед вскрытием реки – в конце марта. Она колеблется от 20–30 до 60–70 см. В суровые зимы на р. Вятке толщина льда бывает до 100 см и более. В условиях относительно холодного климата ледостав на реках устойчивый и длительный. Подо льдом реки Кировской области находятся в среднем около пяти с половиной месяцев. Вскрытие рек на юге области происходит во второй, а на севере – в третьей декаде апреля. Сроки вскрытия зависят не только от момента установления положительных температур воздуха, но и от силы предшествовавших оттепелей, интенсивности снеготаяния, величины стока талых вод, уровня осеннего ледостава. Река Вятка на всем протяжении вскрывается через 11–16 дней после установления положительных температур (малые реки через 5–7 дней) и через 3–7 дней после начала интенсивного подъема уровня воды. Продолжительность ледохода на больших и средних реках 3–7 дней, на малых – 1–2 дня. Средняя продолжительность периода, свободного от льда 185–195 дней.

Средняя температура воды в реках бассейна Вятки в наиболее теплые месяцы составляет 18–20 °С. Суточные амплитуды колебания температуры воды на р. Вятке обычно не превышают 0,5–1 °С, а на притоках достигают 5–7 °С. Максимальная температура воды (26–29 °С) наблюдается в июле, реже в июне. Мутность речных вод области сравнительно небольшая: в верховьях Ветлуги 20–50 г/м³, Вятки и Камы 50–100 г/м³, в низовье Вятки 100–250 г/м³ (Г.В. Лопатин).

Увеличение мутности наблюдается при движении с северо-запада на юго-восток, что связано не только с изменением состава пород, но и с уменьшением процента лесистости, заболоченности и усилением процессов эрозии. Наибольшая мутность бывает в период весеннего половодья, наименьшая – в период зимней межени.

По гидрохимической классификации рек О.А. Алекина, Вятка, Кама и Ветлуга относятся к водам гидрокарбонатного класса с малой минерализацией (от 200 до 500 мг растворенных минеральных веществ на 1 л воды) в связи с тем, что подзолистые почвы бедны растворимыми соединениями. Вода почти всех рек области мягкая. Жесткость ее не превышает в зимнюю межень 3–3,8 мг-экв/л, а в период весеннего половодья падает до 0,4–0,7 мг-экв/л. Исключение составляют рр. Быстрица, Воя и низовья Вятки, где общая жесткость повышается в низкую межень до 4,2–9,3 мг-экв/л. Окисляемость (количество кислорода в 1 л воды) повышается в весеннее половодье, достигая 17–22 мг кислорода на литр. Благодаря указанным особенностям питьевые и технические качества воды рек хорошие.

Река Вятка берет свое начало в одном километре к западу от ст. Перелом Иудейского района Удмуртии. Впадает река Вятка в Каму на территории Татарии. Длина реки – 1 314 км, площадь бассейна – 129 200 км². На всем своем протяжении она несколько раз изменяет направление и очень извилиста. Расстояние от истока до устья по прямой составляет 300 км. Коэффициент извилистости 4,15. Наличие изгибов и большой извилистости связано с особенностями рельефа, с различным временем образования отдельных участков долины и с геологическим строением территории.

Самый верхний участок течения р. Вятки имеет северное направление, параллельное верховьям Камы. На этом участке русло ее очень извилистое, долина широкая и сильно заболоченная. Правый берег реки – крутой, левый – пологий. От с. Екатерининского Омутнинского района река Вятка поворачивает на запад и до устья р. Солоной протекает также по широкой и заболоченной долине, образовавшейся в ложбине стока талых ледниковых вод. Близ устья р. Кобры направление течения меняется на юго-западное, которое сохраняется до впадения в нее р. Моломы. Отсюда река Вятка поворачивает на юго-восток. Это направление, при наличии в среднем и нижнем течении различных изгибов, сохраняется до устья. На всем этом большом отрезке течения долина реки состоит из расширенных и суженных участков. Особенно широка она ниже г. Котельнича, где достигает местами до 20 км. Наиболее узким является участок в районе прорыва р. Вяткой Вятского увала между г. Советском и с. Лебяжьем. Здесь ширина изменяется от 750 до 4000 м, берега – крутые и высокие. Почти на всем протяжении долина реки имеет асимметричное строение и несколько террас. Ширина меженного русла р. Вятки нарастает от 40–50 м в верхнем до 200–450 м в нижнем и среднем течении. Вятка река, как типичная равнинная река, обладает плавным продольным профилем, сравнительно небольшими уклонами и небольшой скоростью течения. Средний уклон реки – 0,00014. Средняя скорость течения летом, в межень, у г. Кирова равна 0,5 м в секунду, а весной, в половодье, увеличивается до 1,5 м. Глубина реки летом в верхнем течении изменяется от 3–5 м на плесах до 0,3 м на перекатах, а ниже г. Кирова – соответственно от 7–10 до 0,55 м. Рыхлость пород, слагающих берега и ложе реки, чрезвычайно благоприятствует образованию перекатов, отмелей, песчаных кос и островов, которые препятствуют судоходству. Особенно трудны для прохода судов в нижнем и среднем течении р. Вятки Симановские, Халтуринские, Моломские, Волковские, Ишетские, Ситьминские и некоторые другие перекаты. По водному режиму река Вятка, как и остальные реки области, характеризуется весенним половодьем и летней и зимней меженьями. Весеннее половодье начинается в среднем в начале 3-й декады апреля и достигает максимума в первой половине мая. Во время половодья уровень реки поднимается на 4–6 м над обычным летним меженным уровнем, и она затопляет полыми водами свою широкую пойму, отлагая на ней тонкий слой ила.

В это время река также размывает берега или изменяет направление русла, образуя новые протоки. Продолжительность половодья в верхнем течении в среднем около 58 дней. Ниже г. Кирова половодье растягивается под

влиянием неодновременного развития его на крупных притоках Вятки – Моломы, Пижмы, Кильмези. Летняя межень устанавливается в начале июня и удерживается до конца августа. Осенью бывает два, а иногда и три заметных подъема воды, вызванных обильными дождями. Зимняя межень устанавливается в ноябре. Зимние уровни обычно выше летних. Водность ее определяется в основном количеством зимних осадков, выпадающих в бассейне реки. В средний по водности год расход воды р. Вятки у г. Кирова составляет $386 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует модулю стока 8 л/с , а в устье расход равен $890 \text{ м}^3/\text{с}$, модуль стока – $6,9 \text{ л/с}$. Наибольший расход воды наблюдается весной, наименьший – зимой, перед началом весеннего половодья.

Ледостав происходит от верховья к низовью. В верхней части течения он устанавливается в среднем в первой декаде ноября, в нижней – в начале 3-й декады ноября. Вскрытие идет от низовьев к верховьям: в низовьях река Вятка очищается от льда в середине апреля, а в верховьях – в конце апреля. Ледоход на ряде участков сопровождается заторами. Средний период, свободный от льда, 188–195 дней. Вода в реке большую часть года довольно светлая. Вероятно, поэтому удмурты называли Вятку Серебряной рекой. Мутность воды р. Вятки у г. Кирова – 60 г/м^3 , она возрастает вниз по течению. Увеличивается только в половодье. По химическому составу вода р. Вятки отличается малой минерализацией, особенно в верхнем течении. Это объясняется песчаными и супесчаными почвами и сильной заболоченностью местности. Даже в зимний период она не превышает 150 мг на литр воды. Ниже впадения Чепцы минерализация повышается и достигает зимой 300 мг , в летнюю межень – $200\text{--}250$. Река Вятка имеет большое народнохозяйственное значение, являясь судоходной и сплавной рекой.

Озера

Озера Кировской области не играют заметной роли в ее гидрографическом облике. Они сосредоточены главным образом в долине р. Вятки. На междуречных пространствах озер нет. Это связано с рядом причин: расположением территории у края ледника или за пределами его, характером слагающих водопроницаемых пород – песков, трещиноватых мергелей и известняков.

Многочисленные котловины озер долины р. Вятки представляют собой или остатки прежних русел – озера-старицы, или образовались от заполнения водой углублений поймы при разливах реки. Они обычно небольшие по размерам, мелководны, имеют низменные заболоченные берега. Дно озер покрыто преимущественно глинистыми, песчаными, глинисто-песчаными грунтами, а в сильно стареющих озерах (превращающихся в болото) встречаются и торфянистые грунты. Воды пойменных озер мало прозрачны. Прозрачность их летом при отсутствии цветения – $0,6\text{--}2,8 \text{ м}$, а при цветении снижается до $0,2 \text{ м}$. В летнее время поверхностные слои воды в озерах хорошо прогреваются, достигая температуры $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Донная температура обычно низкая – от 6 до $15 \text{ }^\circ\text{C}$, что, по-видимому, объясняется выходами холодных грунтовых вод.

Большинство озер Кировской области имеет вытянутую вдоль реки форму. Некоторые озера-старицы имеют серповидную форму и связаны с рекой через заболоченные зарастающие протоки. Озера питаются грунтовыми и талыми водами, атмосферными осадками и частично получают воду при весенних разливах реки. Водный режим пойменных озер тесно связан с режимом реки. В период весеннего половодья они обычно заливаются внешними водами. После спада половодья озера уменьшаются в размерах, а некоторые из них пересыхают.

Часть озер постепенно зарастает, превращаясь в болота. Повсеместно в долине р. Вятки и ее крупных притоков можно наблюдать пойменные озера на различных стадиях зарастания. Пойменные озера области почти совершенно не изучены, многие еще не имеют названий. Более значительными озерами вблизи г. Кирова являются: Черное, Холуново и др. Пойменные озера богаты рыбой.

Незначительную группу составляют *озера карстовые*. Они имеются в Медведском бору Нолинского района, в Уржумском районе (озеро Шайтан), Оричевском районе (озеро Лопатинское) и в некоторых других местах. Появление их объясняется близким к поверхности залеганием растворимых водородом известняков казанского яруса. Карстовые озера Медведского бора имеют вид одиночных или нескольких слившихся воронок в диаметре от 5–6 до 20–30 м. Они отличаются большой глубиной (более 10–20 м). О больших глубинах свидетельствует кажущийся темный цвет воды, хотя в действительности она здесь чистая и прозрачная. Берега этих озер имеют довольно крутые склоны, заросшие лесом.

Самым крупным в Медведском бору является Большое карстовое озеро, расположенное у лесного кордона Чваниха. Оно имеет изогнутую форму и состоит из нескольких слившихся карстовых воронок. Об этом можно судить по очертанию берегов, а также по промерам глубины. Площадь озера – 10,1 га. Глубина в отдельных воронках достигает 10–18 м и более.

Питание карстовых озер происходит не только атмосферными осадками, но и за счет грунтовых вод. В некоторых местах Большого озера (Чваниха) имеются выходы ключей. Уровень воды в карстовых озерах в течение года изменяется. Заметное повышение уровня начинается примерно с 15 мая и продолжается до июля, а затем наблюдается понижение, особенно осенью, перед замерзанием. По наблюдениям очевидцев, за последние годы уровень воды в озерах резко понизился на 1,5–2 м. Одной из причин этого, по-видимому, является понижение уровня грунтовых вод и наличие подземного стока у некоторых озер. Об этом свидетельствуют высохшие неглубокие, но обширные междюнные водоемы, поросшие в настоящее время камышом, ситником и другими травами. Небольшое провальное озеро Шайтан в Уржумском районе начинает постепенно зарастать, покрываясь у берегов сплавиной из водных растений (сабельника, вахты и гипсовых мхов). Местами на сплаvine растет береза. Толщина сплавины – около 80 см. Снизу она превращается в торф, который кусками падает на дно озера. Глубина его – более 15 м. Оно имеет широкоовальную форму, с диаметром 300 м. Зарастающие карстовые озера со сплавиной по краям имеются и в Медведском бору. Одно из них местным населением зовется Черным.

Пруды и водохранилища

В Кировской области имеется большое количество прудов и водохранилищ. Сооружение крупнейших водохранилищ связано с историей возникновения металлургических предприятий области. В 60–70-е гг. XVIII в. на реках были построены пруды-водохранилища: Белохолуницкое; Омутнинское; Большое Кирсинское; Чернохолуницкое. Турбины гидроэлектростанций, стоящие на плотинах, приводили в действие механизмы заводов: Кирсинского (1729 г. основания) чугунолитейного железодельного; Белохолуницкого (1764 г.) железодельного; Чернохолуницкого (1766 год основания) чугунолитейного, железодельного; Омутнинского чугуноплавильного, железодельного.

В настоящее время эти водохранилища остаются крупнейшими в области: Белохолуницкое – полным проектным объемом 51,0 млн м³; Омутнинское – 32,5; Большое Кирсинское – 18,0; Чернохолуницкое – 12,0 (2010 г.), 8,52 млн м³ (2011); Созимское – 11,3.

Белохолуницкое водохранилище за период своего существования существенно обмелело. Площадь мелководий глубиной менее 1 м составляет от 50 до 70% первоначальной площади зеркала воды. Мелководные участки заросли древесно-кустарниковой растительностью, что способствует заилению и заболачиванию водохранилища. Обследование, проведенное в 2008 г., показало необходимость поэтапной очистки пруда.

Чернохолуницкий пруд – водохранилище по площади водного зеркала (390 га) до 2006 г. уступал в Кировской области только Белохолуницкому и Омутнинскому прудам. После реконструкции водохранилища 2006–2007 гг. площадь водного зеркала, была уточнена и составила 296,0 га. Пруд образован плотиной, длина которой составляет 757 м. Чернохолуницкий, а затем Омутнинский леспромхозы использовали водохранилище, накапливая и спуская часть воды в реку для увеличения её полноводности в период лесосплава. В связи с обветшанием старого деревянного водосброса плотины в 2007–2008 гг. произведено строительство нового, железобетонного с металлическими затворами, при этом пруд выпускался (при падении уровня воды около 5 м площадь зеркала уменьшилась примерно в 4 раза). В связи с отсутствием в течение уже более 50 лет какого-либо загрязняющего производства и сельхозпредприятий на берегах пруда (80% береговой линии – лес и отчасти покосы) пресная вода в нём является экологически чистой, что делает её запас, как и сам пруд, стратегически важным ресурсом общества. Пруд богат рыбой: плотва, окунь, ёрш, лещ, щука, карп привлекают рыбаков, но, к сожалению, всё больше становятся жертвой браконьеров.

В 20–50-е гг. XX столетия повсеместно на малых реках строились сельские гидроэлектростанции, для которых также создавались запруды. Одними из последних были построены Медянская ГЭС на р. Великой в 1959 г., Даровская ГЭС на месте Туринской мельницы на р. Кобре в 60-е годы. К 1960 г. на реках области действовало 156 сельских, 4 государственных и несколько заводских ГЭС мощностью от 10-20 до 240 киловатт. С централизацией электроснабжения местные гидроэлектростанции утратили свое значение и

довольно быстро прекратили существование, а вслед за ними по мере разрушения плотин исчезли и пруды на малых реках. Следы былых гидросооружений можно еще встретить на Быстрице, Великой, Вое, Вонданке и других реках.

С развитием в области промышленной добычи ряда полезных ископаемых (песка, гравия, известняков, глин, фосфоритов) стали появляться искусственные водоемы на месте выработанных карьеров. Некоторые из них, например, пруды в Стрижевских песчаных карьерах, превратились в места отдыха местного населения.

В 80-е гг. интерес к прудам несколько оживился и в ряде хозяйств области были возведены искусственные водоемы по специальным проектам. Всего с 1982 по 1991 г. по проектам в 22 районах области были построены 43 пруда общей площадью 1829,8 га.

Предпринимались в области попытки строительства рыбоводных прудов с организацией рыбхозов «Талица» в Слободском районе, «Соколовка» в Зуевском и «Филипповка» в Кирово-Чепецком. Из них сохранили свое рыбохозяйственное значение небольшие по площади рыборазводные пруды Талицкого рыбопитомника и довольно обширный прудовый комплекс рыбхоза «Филипповка» общей площадью водной поверхности 600-700 га.

К концу XX в. в области появился новый тип искусственных водоемов – накопители промышленных сточных и охлаждающих вод – спутники современных теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), биохимических и химических заводов.

Характер современного использования прудов и водохранилищ Кировской области, отражён в табл. 15.

Таблица 15

Хозяйственное назначение прудов и водохранилищ Кировской области

Назначение гидроузлов	Пруды		Водоохранилища	
	шт.	%	шт.	%
Хозпитьевое водоснабжение	5	0,7	–	–
Промышленное водоснабжение	10	1,3	7	21,9
Сельскохозяйственное водоснабжение	9	1,3	–	–
Пожарное водоснабжение	215	31	3	9,38
Противоэрозионные	39	5,6	5	15,6
Плотина - переезд	75	11	–	–
Орошение	27	3,9	2	6,25
Рыбохозяйственное	31	7,3	2	6,25
Рекреационное	122	23	10	31
Комплексное	81	11	4	12,5
Прочие	17	2,3	–	–
Всего	632	100	32	100

6.1.2. Подземные воды Кировской области [26]

По геоморфологическим и структурно-тектоническим условиям территория Кировской области расположена в пределах трёх артезианских бассейнов: Ветлужского (запад и центр области), Камско-Вятского (центр и восток) и Северо-Двинского (крайний северо-запад).

Мощность зоны пресных вод на территории области изменяется от нескольких метров до 300 м, составляя в среднем 100–150 м. Ниже зоны пресных вод скважинами вскрываются минерализованные воды с минерализацией от 1 до 100 г/л, на более значительных глубинах, превышающих 500 м, присутствуют рассолы с уровнем минерализации 200–300 г/л.

Минеральные воды

Для Кировской области характерен высокий уровень общей минерализации воды подземных водоисточников, повышенное содержание железа, бора, кремния и других микроэлементов природного происхождения.

Большое количество минеральных источников и грязей давно известно во многих районах Кировской области.

На территории в настоящее время утверждены эксплуатационные запасы 10 месторождений минеральных вод [27].

В основном минеральные воды залегают на глубине 200–300 м (в зависимости от геологии района), их добывают из скважин с помощью насосов. Запасы минеральных подземных вод (по состоянию на 01.01.2009 г.) составляют 1161,9 м³/сут. Запасы лечебных минеральных вод составляют 841,9 м³/сут. Отбор лечебных минеральных подземных вод на территории области в 2008 г. составил 238,7 м³/сут., это количество превышает общий водоотбор и подземной воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения, который составил 101,2 тыс. м³/сут. (2011 г.) [13]. Степень освоения эксплуатационных запасов лечебных минеральных подземных вод составляет 27,38%, в то время как степень освоения разведанных запасов подземных вод Кировской области составляет 13,74% [13].

Самыми известными являются минеральные источники у пгт Нижнеивкино Куменского района, в 46 км к югу от г. Кирова. Вода их используется в лечебных целях. В санатории Нижне-Ивкино можно отдохнуть не хуже, чем на базах отдыха в Подмосковье. Источники сосредоточены на пойме р. Ивкины по обоим берегам старицы. Зоной питания их является гипсоносная толща в верхней части казанского яруса (пермский возраст пород), залегающая на глубине до 25 м от поверхности поймы. Здесь сформировались 4 типа подземных минеральных вод: сульфатно-кальциевые с минерализацией 2–3 г/л, хлоридно-сульфатно-натриевые – 8,2 г/л, сульфатно-хлоридно-натриевые – 11,8 г/л, сульфатно-хлоридно-натриевые с минерализацией 25 г/л. Температура воды источников колеблется от 5 до 10°. Дебит источников – большой. Например, источник № 1, содержащий хлоридно-сульфатно-натриевую воду, дает ее 102 000 л в сутки. В этом же районе в старице

р. Ивкины обнаружена высококачественная лечебная иловая грязь типа саккской и лечебный торф на Седуновском болоте.

6.2. Состояние водных объектов в Кировской области [13]

Основными источниками свежей воды в Кировской области являются поверхностные и подземные воды. В табл. 16 приведены показатели водопотребления за 2010-2011 гг.

В сравнении с 2010 г. общий объём забранной воды из водных объектов по области уменьшился на 5,82 млн м (2,44%), всего, в том числе из поверхностных водных объектов уменьшился – на 3,56 млн м (1,78%), из подземных водных объектов уменьшился – на 2,26 млн м (5,77%).

При использовании воды в хозяйственной деятельности и быту происходит ее загрязнение. Такие воды относятся к категории сточных вод. Удаление сточных вод обеспечивается через систему водоотведения.

Таблица 16

Объём водопотребления воды в Кировской области (млн м³) за 2010–2011 гг.

Наименование показателей	Годы	
	2010	2011
1. Забор воды из водных объектов, всего	238,99	233,17
1.1. поверхностных	199,79	196,23
1.2. подземных	39,20	36,94
2. Использование воды, всего:	236,77	228,81
в том числе		
2.1. хозяйственно-питьевые	86,57	79,63
2.2. производственные нужды	140,23	139,07
из них питьевого качества	29,69	27,98
2.3. орошение	0,65	0,30
2.4. обводнение	–	–
2.5. сельхозводоснабжение	4,66	4,29
2.6. прочие	4,66	5,51
3. Объём измеренной воды, забранной из водных объектов	138,82	214,62
4. Расходы в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения	1102,66	1028,09
5. Процент экономии воды за счёт оборотного и повторно-последовательного водоснабжения	82,19	81,51
6. Потери при транспортировке	3,11	4,18

Система водоотведения - комплекс инженерных, санитарных, и технологических мероприятий, обеспечивающих сбор, отведение, транспортирование сточных вод, их очистку и обезвреживание, а также обработку твердой фазы.

В 2011 г. в природные поверхностные водные объекты Кировской области, в подземные горизонты и в различные накопители через сосредоточенные выпуски было отведено 191,78 млн м³ сточных вод.

Объем водоотведения в поверхностные водные объекты (без учета ливневых вод) составил 179,54 млн м³. В том числе: объем загрязненных вод без очистки – 71,27 млн м³, загрязненных недостаточно очищенных – 104,29 млн м³, нормативно чистых (без очистки) – 3,32 млн м³, нормативно очищенных – 0,66 млн м³. Объем водоотведения в подземные водные объекты составил 12,23 млн м³.

По отраслям экономики в долевом отложении наибольшее количество сбрасываемых вод приходится на жилищно-коммунальное хозяйство – 54,6%, объем водоотведения в промышленности – 44,2%, в сельском хозяйстве – 0,5%, прочие отрасли – 0,7%.

Антропогенные воздействия на водные объекты могут сопровождаться отрицательными последствиями для водных объектов в целом, для отдельных компонентов водного объекта и, опосредованно, для народного хозяйства. К числу основных последствий относятся истощение, засорение, загрязнение вод, просадка грунта и сопряженные с ними изменения экосистем и окружающей природной среды.

Большое количество загрязненных вод поступает со сточными водами, которые образовались в результате производственной деятельности (производственные сточные воды) и в быту (бытовые сточные воды), а также стекающие с территории населенных мест и промышленных предприятий в момент выпадения атмосферных осадков, поливки улиц (ливневые сточные воды).

Основной объем загрязняющих веществ в составе сточных вод приходится на предприятия жилищно-коммунального хозяйства и промышленности. В составе сточных вод в окружающую среду поступает большое количество загрязняющих веществ (неорганические и органические соединения, взвешенные вещества). Информация о массе сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод приведена в табл. 17.

Таблица 17

Масса сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод

№ п/п	Показатели	2010 г.	2011 г.
1	2	3	4
1	БПК полн, тыс. т	1,53	0,97
2	Нефтепродукты, тыс. т	0,015	0,016
3	Взвешенные вещества, тыс. т	2,38	2,23
4	Сухой остаток, тыс. т	87,22	73,74
5	Сульфаты, тыс. т	15,34	10,77
6	Хлориды, тыс. т	17,25	11,17
7	Фосфор общий, т	234	174,77
8	Азот аммонийный, т	876,34	375,57
9	Фенолы, т	0,32	0,24
10	Нитраты, т	6948	5312,9

1	2	3	4
11	СПАВ, т	12,16	12,72
12	Свинец, кг	0,51	0,47
13	Сероводород, т	0,19	0,24
14	Кадмий, кг	8,68	0,18
15	Магний, т	110,06	98,22
16	Марганец, т	1,87	1,9
17	Нитриты, т	95,52	81,52
18	Жиры, масла, т	41,23	45,65
19	Железо, т	28,42	33,25
20	Медь, кг	450,7	321,88
21	Цинк, кг	2104	2100,7
22	Никель, кг	197,89	0,04
23	Хром (III), т	0,77	0,24
24	Ртуть, кг	1,91	2,21
25	Алюминий, т	5,98	8,24
26	Фтор, т	23,8	15,45
27	Таннид, т	4,23	4,17
28	Формальдегид, т	5,99	5,22
29	Фурфурол, т	0	0
30	Цианиды, кг	16,22	133,69
31	Кальций, тыс. т	2,74	2,79
32	Натрий, тыс. т	3,73	1,97
33	ХПК, тыс. т	7,54	7,97
34	Хром (VI), кг	14,36	21,52
35	Хлороформ, т	0,34	0,78
36	Бор, кг	2,07	0
37	Калий, тыс. т	0,30	0,15
38	Ванадий, т	0	0
39	Мышьяк, т	0	0
40	Стронций, т	35,1	6,13
41	Сульфиды, кг	30,62	5,41
42	Сульфиты, кг	256,04	265,36
43	Сурьма, кг	132	177
44	Тхан, кг	710	4292
	Итого: тыс. т	146,471	117,960

В результате водопотребления подземных вод может происходить ухудшение качества воды в результате проникновения загрязнений с поверхности земли. Постоянную опасность загрязнения подземных водоносных горизонтов создают незатрапированные скважины, выполнившие свое назначение после завершения геологоразведочных работ, а также бездействующие заброшенные водозаборные скважины.

Мониторинг поверхностных водных объектов на территории Кировской области в 2011 г. осуществляли федеральное государственное бюджетное учреждение «Кировский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Кировский ЦГМС»), Управление Роспотребнадзора по Кировской области, Кировское областное

государственное бюджетное учреждение «Кировский областной центр охраны окружающей среды и природопользования» (КОГБУ «ВятНТИЦМП»), а также предприятия – водопользователи.

ФГБУ «Кировский ЦГМС» выполнялись наблюдения за качеством воды водных объектов на 17 реках, 23 постах, 30 створах по 32 ингредиентам. Все посты наблюдений включены в общегосударственную систему мониторинга загрязнения окружающей среды.

Химический состав вод наблюдался в следующих реках области: Вятка, Кама, Чепца, Большая Кокшага, Кобра, Молома, Белая Холуница, Большая Просница, Быстрица, Пижма, Немда, Воя, Кильмезь, Ярань, Хлыновка, Юг и Луза.

В 2011 г. по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды реки Кировской области относятся к 2, 3, 4-му классам качества:

- 2-й класс качества воды (слабо загрязненная): Кильмезь;
- 3-й класс качества, разряд А (загрязненная): Кама, Чепца, Большая Просница, Молома, Пижма, Немда, Воя, Юг, Ярань, Луза;
- 3-й класс качества, разряд Б (очень загрязненная) Большая Кокшага, Вятка, Кобра;
- 4-й класс качества, разряд А (грязная): Хлыновка, Быстрица.

Задания:

1. Перечислите водные объекты, которые используются для хозяйственных и бытовых целей в вашем районе.
2. Какими методами проводится очистка сточных вод в вашем районе?

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВОДНЫМ РЕСУРСАМ

7.1. Вода простая и таинственная

Самая лучшая вода

Самая лучшая вода та, которая течет на восток, особенно вдали от истока. Далее по качеству следует вода, текущая на север, а та, что течет на запад или на юг, – плоха, особенно когда дует южный ветер. Вода, стекающая с возвышенных мест, при прочих равных условиях лучше. Качество воды можно установить взвешиванием: хорошей считается более легкая вода.

Лучшая вода – это вода родников, но не всех, а протекающих по чистой земле или по земле каменистой, которая лучше сохраняется от загнивания.

Хорошая вода в роднике, открытом солнцу и ветру, и в потоке, текущем по глинистому руслу, поскольку глина очищает воду, забирает у нее посторонние примеси, делает ее прозрачной. Но глина в русле должна быть чистой, без примесей ила, соли и др.

Вода колодцев и подземных каналов хуже родниковой воды, так как состоит из спертых вод, в течение долгого времени смешанных с частицами земли и не свободных от некоторой гнилости.

Хороша вода чистого водоема, открытая солнцу и ветру.

Не следует пить одновременно речную и колодезную воду. Между приемами воды разного происхождения должно пройти определенное время (1,5 ч).

Вода дождевая хорошо усваивается организмом и содержит минимальное количество вредных примесей. Она способствует более качественному перевариванию и усвоению пищи. Сохраняет влагу кожи и поддерживает ее в равновесии. Но все это относится к чистой дождевой воде. В нынешних условиях обычная дождевая капля массой 50 мг, падая, промывает 16 л воздуха. А один литр ее поглощает примеси, содержащиеся в 3000 л воздуха. Стало быть, состав дождевой воды зависит и от того, над какой территорией образовалось облако, насколько сильно загрязнена там атмосфера. Соединения серы и азота, вступая в атмосфере в реакцию с водой, превращаются в кислоты и выпадают на землю в виде так называемых кислотных дождей. При нынешнем экологическом неблагополучии любой дождь можно назвать «кислотным». Поэтому сейчас дождевую воду нельзя не только пить, но даже мыть в ней голову и стирать белье.

Вода снеговая очень холодна, тепло желудка с трудом согревает ее. Снеговой водой также следует пользоваться с осторожностью из-за высокого уровня загрязнения снега. В чистой снеговой воде содержится меньше тяжелой воды, чем в обычной, взятой из реки или колодца. Путем экспериментов ученые установили, что снеговая вода – в полном смысле слова вода «живая». В качестве подопытных образцов они брали две группы кур одинакового веса и возраста. Одних поили снеговой водой, других – обычной водопроводной. Опыт продолжался три с половиной месяца. Куры из первой группы снесли пятьсот тридцать восемь яиц, из второй – только двести семьдесят два. К тому же яйца

кур, пивших снеговую воду, весили больше. Продолжая эксперимент, ученые ставили цыплятам блюдечко с обычной водой – они пили спокойно. Но, когда им налили талой воды, прямо с плавающими льдинками, цыплята начинали пить с жадностью, дрались и лезли в блюдечко лапками.

Снеговой водой поили и супоросную свинью. Через два месяца она принесла десять поросят, каждый из них при рождении весил полтора килограмма, в контрольной же группе новорожденные весили килограмм или чуть-чуть больше. А в месячном возрасте поросята, получавшие «живую» воду, набрали уже по девять килограммов каждый, в то время как обычная масса поросят в этом возрасте около пяти килограммов.

Не менее интересные результаты дали опыты с растениями. В Томском ботаническом саду снеговой водой поливали огурцы, и они давали вдвое больший урожай. А те, у которых и семена замачивали этой водой, – почти втрое. Урожай редиса «живая» вода увеличивала на 230%.

Вода талая очень полезна. По своей структуре она схожа с водой, входящей в составившей крови и клеток. Поэтому ее применение освобождает организм от дополнительных энергетических затрат на структурирование воды. Она эффективна при лечении атеросклероза, очищает организм от шлаков, повышает его защитные силы, стимулирует механизмы размножения, способствует омоложению организма.

Для получения талой воды достаточно воду из-под крана нагреть в открытой посуде до появления первого большого пузырька, снять с огня, плотно закрыть крышкой и поставить под струю холодной воды до полного охлаждения. Воду можно не кипятить, а сразу поставить в холодильную камеру или на балкон (в зимний период). Сначала замерзнет вода, содержащая механические примеси – песчинки, частички глины и т. п. Поэтому через 4–5 ч. нужно вынуть посуду с водой из морозильной камеры, освободить ее ото льда и поставить обратно в морозильную камеру на 10–12 ч. Затем следует, подержав посуду немного при комнатной температуре, извлечь из нее лед, а содержащиеся в центре куска льда вредные вещества смыть струей воды. При замораживании вода вытесняет из своей структуры вредные примеси. Остаток воды необходимо разморозить до такого состояния, чтобы в ней плавали льдинки, и в таком виде ее можно применять. Эту воду можно держать в холодильнике или в другом месте при 10 °С от 2 до 10 суток.

Ученые считают, что благотворное влияние талой воды на живые организмы кроется не только в том, что в ней меньше тяжелой фракции, но и в ее структуре. Вода, образовавшаяся из растаявшего льда или снега, некоторое время структурно, по своему строению, ближе к первоисточнику, чем к обычной воде из реки или озера в жаркий летний день. Благодаря этому она более активно участвует в биохимических процессах, протекающих в живом организме.

Вода дистиллированная. П. Брэгг после 50 лет пил дистиллированную воду и советовал это делать другим. Он считал ее одним из лечебных средств и подчеркивал: «Она не мертвая вода. Она наиболее чистая вода, которую может пить человек. Дистиллированная вода помогает растворять токсины, которые

накапливаются в организме современного цивилизованного человека, она проходит через почки, не оставляя там неорганических остатков камней. Это мягкая вода. Вымойте свои волосы в дистиллированной воде, и вы в этом убедитесь». Брэгг ошибался, превознося достоинства дистиллированной воды. Одним и самым важным недостатком этой воды является ее чистота от микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности организма. Она способна разбалансировать работу организма. И относится это прежде всего к костям, крепость которых зависит от количества кальция в крови. Не менее важно и содержание в воде микроэлементов, обеспечивающих многие функции организма, начиная от передачи импульсов в нервных клетках и заканчивая построением новых клеток, передачей наследственной информации. Можно было бы согласиться с возможностью употребления дистиллированной воды на фоне активного питания овощами и фруктами (в них много солей и микроэлементов). Действительно, тогда дистиллированная вода будет выводить только излишки минеральных солей.

Вода водопроводная. Известно, что поступающая в водопровод вода подвергается обработке, в частности хлорированию, для уничтожения вредных микробов. Хлор раздражающе действует на слизистую оболочку желудка и кишок и является ядом, который подавляет не только патогенную микрофлору, но и полезную. Конечно, содержание его в водопроводной воде не столь велико, но если учесть, что человек выпивает такой воды в среднем 2 л ежедневно, то это уже небезопасно для организма. Для того чтобы избавиться от хлора, воду перед употреблением надо либо отстаивать в открытом сосуде не менее 1 часа, либо кипятить. Газообразный хлор полностью улетучивается из открытого сосуда. Соли хлора хорошо выпадают в осадок при замораживании и последующем размораживании.

Зеленые и бурые подтеки на посуде – наличие в воде минеральных кислот: серной и соляной.

Рыбный, затхлый или древесный запах – присутствие в воде хлорорганических соединений.

Образование темных пятен на посуде и предметах из серебра, наличие желтоватых, черных пятен на поверхности раковины – присутствие в воде растворенного сероводорода.

Запах фенола – попадание промышленных сточных вод в системы водоснабжения.

Солоноватый привкус – высокое содержание солей магния и натрия. Образование пятен на алюминиевой посуде – высокое содержание щелочи.

Металлический привкус – высокое содержание железа.

Потемнение и коррозия раковины из нержавеющей стали – высокое содержание хлоридов.

Красновато-бурый осадок – присутствие окисленного железа, вымываемого из ржавых труб.

Мутная вода – либо высокое содержание воздуха из-за неисправного насоса, либо присутствие метана.

Задание:

1. Проверить достоверность описанных ниже опытов по снеговой воде.
2. Поставить опыты и выяснить, какая вода - снеговая, дождевая, родниковая, речная, колодезная и т. п. лучше влияет на живые организмы - растения или животных - продолжительность жизни, рост, вес и иные показатели здоровья.

Вода «живая и мёртвая». Тяжелая вода (также оксид дейтерия) – вода в которой «обычный» водород ^1H (легкий) заменен тяжелым изотопом ^2H (D)-дейтерием. Ее химическая формула D_2O , где водород заменен на дейтерий, атомная масса которого в 2 раза больше, так как в ядре дейтерия имеется «лишний» нейтрон. Вот почему она и называется тяжелой водой. Термин тяжелая вода применяют также по отношению к тяжёлокислородной воде, у которой обычный лёгкий кислород ^{16}O заменён одним из тяжёлых стабильных изотопов ^{17}O или ^{18}O . Тяжёлые изотопы кислорода существуют в природной смеси, поэтому в природной воде всегда есть примесь обеих тяжёлокислородных модификаций. В настоящее время известны три изотопа водорода: ^1H , ^2H (D), ^3H (T). Самый легкий из них ^1H – называется протием. Почти целиком из него состоит обычная вода, частично в ней содержится более тяжелый водород – дейтерий (D) и сверхтяжелый тритий (T). Тритий – бета-радиоактивный элемент с периодом полураспада 12,26 лет. Встречаются три изотопа кислорода: ^{16}O , тяжелый ^{18}O и совсем немного в природе ^{17}O . Если подсчитать все возможные нерадиоактивные соединения с общей формулой H_2O , то общее количество возможных изотопных модификаций воды всего девять (так как существует два стабильных изотопа водорода и три – кислорода): H_2^{16}O – лёгкая вода, или просто вода, H_2^{17}O ; H_2^{18}O – тяжёлокислородная вода; HD^{16}O – полутяжёлая вода; HD^{17}O ; HD^{18}O ; D_2^{16}O ; D_2^{17}O ; D_2^{18}O – тяжёлая вода.

С помощью мощных ускорителей и реакторов физики получили еще пять радиоактивных изотопов кислорода: ^{13}O , ^{14}O , ^{15}O , ^{19}O , ^{20}O . Продолжительность их жизни очень коротка - она измеряется несколькими минутами, затем, распадаясь, они превращаются в изотопы других элементов. Изотопные разновидности воды присутствуют в обычной в ничтожнейших количествах.

В 1 т речной воды присутствует около 150 г тяжелой воды. В океанской воде ее чуть больше: на 1 т приходится 165 г. В озерах тяжелой воды обнаружено на 15–20 г больше, чем в реках, из расчета на 1 т. Любопытно отметить, что дождевая вода содержит больше окиси дейтерия, чем снег. Такие различия кажутся странными, ведь то и другое – осадки атмосферного происхождения. Да, источник один, а содержание тяжелой воды разное. Таким образом, речные, озерные, грунтовые и морские воды весьма несхожи по изотопному составу и, следовательно, как объекты, используемые для получения тяжелой воды, далеко не равнозначны.

У тяжелой воды, так же как и у обычной, нет ни цвета, ни вкуса, ни запаха. Тяжёлая вода токсична лишь в слабой степени, химические реакции в её среде проходят несколько медленнее, по сравнению с обычной водой, водородные связи с участием дейтерия несколько сильнее обычных. Эксперименты над млекопитающими (мыши, крысы, собаки) показали, что замещение 25% водорода в тканях дейтерием приводит к стерильности, иногда необратимой. Более высокие концентрации приводят к быстрой гибели животного; так, млекопитающие, которые пили тяжёлую воду в течение недели, погибли, когда половина воды в их теле была дейтерирована; рыбы и беспозвоночные погибают лишь при 90% дейтерировании воды в теле. Простейшие способны адаптироваться к 70% раствору тяжёлой воды, а водоросли и бактерии способны жить даже в чистой тяжёлой воде. Человек может без видимого вреда для здоровья выпить несколько стаканов тяжёлой воды, весь дейтерий будет выведен из организма через несколько дней.

Таким образом, тяжёлая вода гораздо менее токсична, чем, например, поваренная соль. Тяжёлая вода использовалась для лечения артериальной гипертензии у людей в суточных дозах до 1,7 г дейтерия на кг веса пациента.

Было время, когда ее считали «мертвой водой» и полагали, что присутствие тяжелой воды в обычной замедляет обмен веществ, способствует старению организма. Случаи долгожительства на Кавказе некоторые исследователи связывают с меньшим количеством окиси дейтерия в горных потоках ледникового и атмосферного происхождения. Возникновение пустынь, исчезновение оазисов и гибель даже целых цивилизаций древности нередко приписывают накоплению окиси дейтерия в питьевой воде. Однако пока это все только гипотезы, туманные догадки, не подтвержденные экспериментальными результатами.

Молекулы тяжёловодородной воды были впервые обнаружены в природной воде Гарольдом Юри в 1932 г., за что ученый был удостоен Нобелевской премии по химии в 1934 г. А уже в 1933 г. Гилберт Льюис выделил чистую тяжёловодородную воду.

После обнаружения тяжелой воды ученые поначалу были настолько удивлены, что рассматривали тяжелую воду как химический курьез. Однако удивление было недолгим. Итальянский физик Энрико Ферми, проводивший эксперименты в области ядерной физики, понял, что тяжелая вода имеет огромное военное значение. Ферми и его сотрудники в 1934 г. подвергали различные элементы обстрелу нейтронами, обладавшими большой энергией (скоростью). В результате были получены атомы с искусственной радиоактивностью, или так называемые радиоизотопы. Ферми установил, что почти каждый нерадиоактивный в нормальных условиях элемент можно сделать радиоактивным, т. е. превратить его в радиоизотоп, с помощью обстрела нейтронами. Он нашел также, что общая эффективность бомбардировки нейтронами с целью вызвать искусственную радиоактивность значительно увеличивалась с уменьшением их скорости.

С тех пор события, развивающиеся вокруг этой странной жидкости, были полны драматизма и глубочайшей секретности. И все потому, что судьба

тяжелой воды тесно переплеталась с развитием атомной энергетики. Важнейшим свойством тяжёловодородной воды является то, что она практически не поглощает нейтроны, поэтому используется в ядерных реакторах для торможения нейтронов и в качестве теплоносителя. Дейтерий используемый в ядерных реакторах, под действием жёсткого радио- и нейтронного излучения может образовывать – радиоактивный тритий. Методов очистки отработанной тяжёлой воды, загрязнённой тритием и другими радиоактивными элементами до последнего времени не существовало. Поэтому утилизация отработанной тяжёлой воды в атомной промышленности представляла серьёзную экологическую проблему, сдерживающую внедрение новых более эффективных типов ядерных реакторов.

Тяжёлая вода используется также в качестве изотопного индикатора в химии, биологии и гидрологии. В физике элементарных частиц тяжёлая вода используется для детектирования нейтрино; так, крупнейший детектор солнечных нейтрино SNO (Канада) содержит 1000 тонн тяжёлой воды. Тяжёлокислородная вода, в частности, ${}^1\text{H}_2{}^{18}\text{O}$, используется в ранней диагностике онкологических заболеваний. Производство тяжёлой воды очень энергоёмко, поэтому её стоимость довольно высока (ориентировочно 19 долларов за грамм в 2012 г.).

7.2. Интересные факты о воде

2 марта во всем мире отмечается День водных ресурсов. Этот праздник был установлен по решению Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций, чтобы напомнить человечеству о важности водных ресурсов для окружающей среды и развития общества.

В настоящее время 70% территории нашей планеты покрыты водой. При этом пить можно только 1% этой воды. С каждым годом проблем доступа к водным ресурсам становится острее. За последние 50 лет в мире произошло целых 507 конфликтов, связанных с доступом к воде. 21 спор привел к военным действиям.

Вода – самое простое и привычное вещество на планете. Но в то же время вода таит в себе множество загадок. Ее до сих пор продолжают исследовать ученые, находя все больше интересных данных о воде.

1: самая чистая вода в Финляндии. По данным ЮНЕСКО, самая чистая вода находится в Финляндии. Всего в исследовании свежей природной воды принимало участие 122 страны. При этом 1 млрд людей по всему миру вообще не имеет доступа к безопасной воде.

2: лед быстрее получить из горячей воды. Какая вода быстрее превратится в лед: горячая или холодная? Если рассуждать логически, то, конечно, холодная. Ведь горячей нужно сначала остыть, а потом уже заморозить, а вот холодной остывать не нужно. Однако опыты показывают, что в лед быстрее превращается именно горячая вода.

Точного ответа на вопрос, почему все-таки горячая вода замерзает быстрее холодной, до сих пор не существует. Возможно, дело в разнице в

переохлаждении, испарении, образовании льда, конвекции, либо причина в воздействии разжиженных газов на горячую и холодную воду.

3: *сверхохлаждение воды.* Все хорошо помнят из школьного курса физики, что вода замерзает при 0 °, а при 100 ° закипает. Однако существует так называемое сверхохлаждение воды. Таким свойством обладает очень чистая вода – без примесей. Даже при охлаждении ниже точки замерзания такая вода остается жидкой. Но и в том, и в другом случае существуют температуры, при которых вода станет льдом или закипит.

4: *у воды более 3 состояний.* Еще со школы все знают, что у воды есть 3 агрегатных состояния: жидкое, твердое и газообразное. Однако ученые выделяют 5 различных состояний воды в жидком виде и 14 состояний в замерзшем виде.

5: *вода как стекло.* Что будет, если взять замерзшую чистую воду и продолжить охлаждение? С водой произойдут чудесные превращения. При минус 120 градусах по Цельсию вода становится сверхвязкой или тягучей, а при температуре ниже минус 135 градусов она превращается в «стеклянную» воду. «Стеклянная» вода – это твердое вещество, в котором отсутствует кристаллическая структура, как в стекле.

6: *основа жизни – это вода.* Вода – основа жизни. Все живые животные и растительные существа состоят из воды: животные – на 75%, рыбы – на 75%, медузы – на 99%, картофель – на 76%, яблоки – на 85%, помидоры – на 90%, огурцы – на 95%, арбузы – на 96%. Даже человек состоит из воды. 86% воды содержится в теле у новорожденного и до 50% у пожилых людей.

7: *вода – переносчик болезней.* Вода не только дарит жизнь, но может и отнимать ее. 85% всех заболеваний в мире передается с помощью воды. Ежегодно 25 млн человек умирают от этих заболеваний.

8: *человек без воды умирает.* Если человек теряет 2% воды от массы своего тела, то у него возникает сильная жажда. Если проценты потерянной воды увеличатся до 10, то у человека начнутся галлюцинации. При потере в 12% человек не сможет восстановиться без помощи врача. При потере в 20% человек умирает.

9: *больше всего пресной воды – в ледниках.* Где больше всего воды? Ответ кажется очевидным: в Мировом океане. Однако на самом деле, в мантии Земли воды содержится в 10–12 раз больше, чем в Мировом океане. При этом почти вся имеющаяся на планете масса воды не пригодна для питья. Мы можем пить только 3% воды – именно столько у нас запасов пресной воды. Но даже большая часть этих 3% недоступна, так как содержится в ледниках.

10: *вода как диета.* С помощью воды можно бороться с лишним весом. Употребляя из напитков только воду, можно резко снизить общую калорийность рациона. Во-первых, потому, что человек прекращает пить калорийные сладкие газировки и соки, во-вторых, потому, что после воды меньше тянет взять сладостей, как в случае с чаем или кофе.

11: *вода для здорового сердца.* Вода помогает снизить вероятность сердечного приступа. Во время исследований ученые выяснили, что те люди,

которые пьют около шести стаканов воды в день, меньше подвержены риску сердечного удара в отличие от тех, кто выпивает всего два стакана.

12: 35 тонн воды за жизнь. Без воды человек может прожить очень не долго. Потребность в воде стоит на втором месте после кислорода. Без еды человек может прожить около шести недель, а без воды – пять-семь суток. За всю свою жизнь человек выпивает примерно 35 т воды.

13: самая дорогая вода. Вода может быть бесплатной, а может быть и очень дорогой. Самая дорогая в мире вода продается в Лос-Анджелесе. Производители упаковывают драгоценную жидкость со сбалансированным вкусом и значением pH в бутылки со стразами «Swarovski». Стоит такая вода 90 \$ за 1 л.

14: есть вода, которая горит. Существует и опасная вода. Так, например, в Азербайджане есть вода, в которой много метана, поэтому она может загореться, если поднести к ней спичку. А в Сицилии в одном из озер есть подводные источники кислоты, которые отравляют всю воду в этом водоеме.

15: белок в воде. Морская вода – весьма питательная субстанция. В 1 см такой воды содержится 1,5 г белка и других веществ. Ученые считают, что один только Атлантический океан по своей питательности оценивается в 20 тыс. урожаев, которые собирают за год по всей суше.

16: испарение воды. Каждый день с поверхности Земли испаряется триллион тонн воды, для наглядности эта цифра выглядит следующим образом: 1 000 000 000 000.

7.3. Музей воды

Музей воды – музей в городе Москве, открытый в 15 июня 1993 г. является первым московским музеем воды, однако к 2015 г. планируется построить второй. Состоит в ведении Мосводоканала.

Музей расположен в старинной московской местности Крутицы на территории памятника промышленной архитектуры конца XIX – начала XX в., здания, в котором с 1898 г. находилась главная канализационная насосная станция столицы. Эта станция строилась по проекту русского архитектора М.К. Геппенера.

Экспозиция, представленная в музее, состоит из двух разделов. Первый посвящён истории вопроса и содержит экспонаты, связанные со строительством водопровода и канализации и их развитием.

Второй раздел показывает современное состояние дел городских инженерных сооружений, представляя всю сложность процесса забора воды из природных водоёмов, её очистки и обработки, а также последующей подачи промышленным и индивидуальным потребителям. Также раскрывается тема нейтрализации и утилизации канализационных стоков в масштабах мегаполис

Музейный комплекс «Вселенная Воды» - один из новых музеев России, расположенный в Санкт-Петербурге, в водонапорной башне. Башня была построена в кирпичном стиле в 1859-1862 гг., архитекторы Э.Г. Шуберский и И.А. Мерц.

Экспозиции

Музей воды – один из самых молодых музеев северной столицы. Его экспонаты, макеты, инсталляции, мультимедийные экспозиции рассказывают об истории, современном состоянии и перспективах водоснабжения и водоотведения города, использовании воды в быту, состоянии водных ресурсов. В музее посетители узнают много нового о самом таинственном веществе в природе – Воды, в которой зародилась жизнь и без которой она невозможна. Взаимоотношения человека и воды представлены на обширном историческом материале, а также на примере развития системы водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга. Изучение этих взаимосвязей не только интересно, но и полезно. Осознание людьми необходимости бережного отношения к природным ресурсам, представление о трудозатратах, необходимых для обеспечения крупного города питьевой водой и отведения сточных вод, будет содействовать разумному потреблению природных ресурсов.

В музейно-выставочном комплексе «Мир воды Санкт-Петербурга» гармонично сочетаются историческая и современная экспозиция, идея традиционного и интерактивного музея. Некоторые экспонаты можно потрогать руками, посмотреть их в действии.

Интерьер музея удачно продолжает основную идею создателей – сохранение башни как архитектурного ансамбля и создание современного музея. В холле установлен необычный фонтан, который символизирует предприятие «Водоканал Санкт-Петербурга» и мир воды в целом. Это замечательное единение красоты и рационализма. В обычных городских фонтанах расходуется огромное количество очищенной питьевой воды из городского водопровода. В этом же фонтане используется ограниченный объём воды, который движется по замкнутому циклу: вода струйками вниз стекает по натянутым струнам и затем подымается вверх.

Мультимедийный комплекс «Подземный мир Санкт-Петербурга»

Мультимедийный комплекс в левом крыле первого этажа отражает новейшие тенденции в оформлении музейно-выставочного пространства и в подаче материала о водоснабжении и водоотведении. В огромном холле расположился гигантский макет центра города, сделанный по заказу «Водоканала» Институтом архитектуры. Он оживает, подсвечивается и переливается огнями во время просмотра фильма, который рассказывает об основных направлениях деятельности ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». На полу широкой лентой течёт Нева, видно, как в неё справа и слева впадают реки, как расположился по её берегам город и как перегораживает залив дамба. Когда речь в фильме идёт о водозаборе и водоотведении, на карту проецируется сетка водопроводных и канализационных труб. Затем гостей приглашают в путешествие по «подземелью». Посетители проходят вместе с водой весь её путь: оказываются на водопроводной станции, под землёй, где залегают трубы, в подвале жилого дома, в канализационном коллекторе, где оказывается использованная вода, затем на очистных сооружениях и, в конце концов, на дне Финского залива на борту подводной лодки. Пройдя все эти этапы, экскурсанты

получают полное представление о круговороте воды в городе, о проблемах водозабора и об очистке стоков.

Мультимедийный комплекс «Вселенная воды»

Уникальная интерактивная инсталляция посвященная теме воды, расположенная в бывшем резервуаре чистой воды.

Историческая экспозиция

Экспозиция третьего этажа состоит из двух частей. Первая посвящена воде в истории человеческой цивилизации и рассказывает о водоснабжении и канализации у народов Месопотамии, Египта, Ассирии, Китая, древней Греции и Рима, а также средневековой Европы. Отдельно рассказывается о воде на Руси, здесь можно познакомиться с культурой потребления воды в быту и русской бане. Вторая часть экспозиции третьего этажа посвящена Санкт-Петербургу и рассказывает о водоснабжении и канализации города с момента его основания до 1858 г.

4–5-й этажи. Здесь собраны материалы о водоснабжении и водоотведении Санкт-Петербурга с 1858 по 1917 гг. 1858 г. выбран для разделения экспозиции не случайно. Этот год является эпохальным в развитии городского водоснабжения. Именно 10 октября 1858 г. Александр II утвердил устав «Акционерного общества Санкт-Петербургских водопроводов». С этой даты ведёт свою историю петербургский «Водоканал». Экспозиция рассказывает о проектировании и строительстве водопроводных и канализационных сетей, развитии водоочистных систем, контроле качества воды. Целые разделы посвящены использованию воды в быту, а также профессиональному обучению, научным исследованиям, изобретениям в области водоснабжения и канализации. Обращают на себя внимание две витрины. На одной из них выставлены находки, обнаруженные на территории Главной водопроводной станции, на другой - ёмкости для жидкостей конца XIX - начала XX в. На пятом этаже воссоздан интерьер кабинета Управляющего Санкт-Петербургскими водопроводами. Здесь же расположены стенды с биографическими сведениями о руководителях водопроводно-канализационного хозяйства Санкт-Петербурга прошлых лет.

6–7-й этажи. Здесь рассказывается о водопроводно-канализационном хозяйстве города Санкт-Петербурга с 1917 г. и до наших дней. Хронологически экспозиция начинается с 7-го этажа, где собраны материалы довоенного периода. На шестом этаже последовательно рассказывается о ленинградском Водоканале в годы Великой Отечественной войны, послевоенном восстановлении водопроводных и канализационных сетей, последующем развитии водоснабжения и водоотведения, современном ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Широко представлены достижения предприятия.

По итогам международного форума европейских музеев, прошедшего 10–14 мая 2006 г. в Португалии музей «Мир воды Санкт-Петербурга» стал «Европейским музеем 2006 года» и был отмечен «за высокие достижения на пути повышения общественной значимости музейной коллекции». На Международном форуме европейских музеев музей «Мир воды Санкт-Петербурга» получил статус официального представителя от России в

Ассоциации музеев воды Европы. Сейчас в Европе около 18 музеев воды, большинство из которых созданы на предприятиях, занимающихся снабжением городов.

7.4. Урок по теме «Загрязнители воды и способы её очистки» [28]

Автор: Е.Б. Букина

Предмет изучения: Вода. Способы очистки воды в зависимости от природы растворителя.

Цель учебной деятельности:

1. Познакомить учащихся с загрязнителями воды и их влиянием на живые организмы.

2. Совершенствовать умения проводить химический эксперимент.

3. Развивать умения наблюдать, сравнивать, делать выводы на основе результатов исследований.

4. Обучать умению обосновывать выбор способа очистки воды.

Тип урока: Урок – урок исследование.

Оборудование: телевизор, видеоманитофон, компьютер, мультимедиапроектор, раздаточный материал – рабочие листы, пробирки, пробиркодержатели, спиртовки, стаканы, стеклянные трубочки, бумажные фильтры, абсорбирующие материалы, карта территории пос. Рудничный.

Реактивы: Раствор перманганата калия, метиловый голубой, нефть, пробковая крошка, раствор фенола, активированный уголь.

Оформление: *Плакаты:*

1. Нет! - загрязнению воды,
Нет! - отравлению среды,
Нет! - наступлению беды,
Злой нечисти барьер.

В. Гурарий

2. Относительно 2000 года идет резкий рост детских заболеваний: новообразований – на 42,5%, болезней эндокринной системы – на 44,8%, крови – на 47,9%, а органов пищеварения – на 23,3%, психическими расстройствами – 25,1%. Ежегодно увеличивается заболеваемость беременных женщин, рожениц, родильниц. У них наиболее существенно за последние 5 лет выросла заболеваемость дисфункцией щитовидной железы (в 2,3 раза), анемией (в 2 раза). Удельный вес нормальных родов снизился с 49 до 37%.

Девиз урока: «Древо науки всеми корнями связано с практикой». (Ак. А.Н Несмеянов)

Модель деятельности

1. Организационный момент (психологический настрой). Звучит песня «Вода, вода, кругом вода...».

2. Вступительное слово учителя.

Люди всегда селились около воды, и первые нарушения биохимического равновесия связаны с водой. Однако на заре своего развития человек был частью природы, как и другие живые организмы. Создаваемые им загрязнения

имели близкие к естественным концентрации, а воздействие на природу не нарушало естественных геобиохимических процессов. В дальнейшем с развитием земледелия и животноводства, ростом поселений и концентрацией населения на небольших территориях – появились ареалы, где уровни загрязнения стали превышать естественно-допустимые. За тысячелетия люди свыклись с загрязнениями природы и, как это ни противоестественно сбрасывали грязь и нечистоты туда, откуда брали воду для питья. Это нашло отражение даже в мифологии – вспомним шестой подвиг Геракла. Древнегреческий герой для очистки от навоза громадного скотного двора царя Авгия направил в него воду двух рек, которая в один день унесла весь навоз с конюшен. «Всюду, где пьет толпа, – писал в XIX в. Ф. Ницше, – родники отравлены».

Уже давно выявлена зависимость, что пропорционально ухудшению воды слабеет и здоровье людей, из наших речных городов уж долгое время не выходят гении от искусства или науки. (Работа совместно с учащимися по плакату № 2.)

3. Выступление ученика о качестве яйской воды.

Наша поилица р. Яя. Её как известно питают притоки – реки Барзас, Челы, Кельбес. Что принесут они, тем и будет богата яйская вода. Например, вода Челов (куда сбрасывают сточные воды Тайгинская дистанция водоснабжения, хлебозавод, ш/у «Физкультурник», «Сибирское», Новоанжерская подстанция) при впадении в р. Яя имеет следующие показатели:

Взвешенные частицы – 11 ПДК; Нефтепродукты – 33 ПДК; Железо – 5 ПДК; Фенол – 10 ПДК. 16 предприятий города Анжеро-Судженска сбрасывают свои сточные воды в реки Анжеру, Яю, Алчедат. Рыбка же пока водится только в р. Яя. Из 16 природопользователей только два укладываются в установленные предельные нормативы: ОАО «Антоновское рудоуправление» и ш/у «Физкультурник».

4. Лабораторная работа «Определение кислотности и органолептических характеристик воды» (работа выполняется по инструктивным картам (см. приложение), исследуется качество воды из реки Яя). Учащимися заполняется первая колонка табл. 1.

Таблица 1

Характеристика воды по некоторым параметрам

Параметры	Результаты измерений	
	Исходная вода	Очищенная вода
Кислотность		
Мутность		
Цвет		
Осадок		
Запах		
Наличие кислорода		
Чистая или грязная		

5. Поиск ответа на вопрос: «Как возникает загрязнение воды в реке Яя?»
Какая-то часть химических загрязняющих веществ возникает в результате природных (геологических) процессов, главным образом при выветривании пород. Но подавляющее их большинство возникает в результате деятельности человека. Такие вещества можно разделить на две основные категории:

1 Вещества, которые являются сами по себе ядовитыми для водных организмов и которые за определенное количество времени делают воду непригодной для человека;

2 Материалы, которые (хотя и не ядовиты сами по себе) изменяют естественное состояние воды, угрожая выживанию водных растений и животных.

Необходимо отметить, что загрязняющие вещества могут вступать в довольно сложные реакции с другими веществами, например, соединяться с компонентами осадков, выделяя при этом дополнительно токсичные химические загрязнения.

- Какие предприятия, расположенные на территории пос. Рудничный являются источниками загрязнения р. Яя?

Выявленные вещества – загрязнители ученики добавляют в стаканы с выданной водой и обращают внимание как изменилось её качество (имитация загрязнения воды песком, нефтью, СМС, фенолом).

6. Выступления учащихся с результатами проведенных опытов по изучению влияния определенного загрязнителя на окружающую среду с включением видеофрагментов химического загрязнения или показа слайдов с использованием мультимедиапроектора.

В своем отчете учащиеся кратко рассказывают о методике проведения эксперимента, наблюдениях (демонстрация на экране), выводе и мерах по снижению содержания загрязнителя в воде.

Опорные моменты выступления, представленные в табличной форме, последовательно появляются на экране с помощью мультимедиапроектора.

Итоговая таблица имеет следующий вид:

Вещество, загрязняющее воду	Последствия повышенного содержания в воде определенного загрязнителя	Меры по снижению содержания в воде определенного загрязнителя
1	2	3
Нефть, нефтепродукты	Ограничивает доступ кислорода и света в водоемы, тормозит рост и развитие организмов, может привести к их гибели	Сжигание или обработка специальными химическими веществами
Мыло, стиральный порошок	Изменяют рН среды, вызывают бурное размножение планктона, цветение воды	Желательно в составе СМС вместо полифосфатов использовать цитраты - соли лимонной кислоты
Песок	–	–

1	2	3
Минеральные удобрения	Заращение водоемов, явная и закрытая интоксикация людей и животных. Чрезмерное развитие водорослей. Ухудшает качество воды, её цвет, вкус, запах	Производство минеральных удобрений в капсулах из пленки, обладающей свойствами мембраны. Использование по нормативам, оговоренным в инструкции
Фенол	В пределах дозы 0,3 г в сутки безопасен. При превышении концентрации происходит отравление, которое может сопровождаться рвотой, болями в подложечной области, выделением зеленой мочи. Фенол, попадая в организм, связывается с белками и подавляет работу ферментов	Фильтрация через активированный уголь

7. Лабораторная работа «Очистка загрязненной воды».

Очистке подвергается вода, загрязненная последовательно песком, нефтью, СМС, фенолом.

Проведению лабораторной работы предшествует беседа, которая имеет целью активизацию знаний учащихся о способах и последовательности очистки воды от нерастворимых и растворимых примесей.

Например:

– Как можно очистить воду от твердых примесей?

– Что можно использовать в качестве фильтрующего материала?

(Проведение опыта, можно учащихся разбить на группы и каждая группа изучает фильтрующую способность, например глины, песка, взятых разной толщины, фильтровальной бумаги и т. д.)

Характеристика воды, данная Ибн Синою (980–1037): «Вода различается не в отношении свойства водянистости, а смотря по тому, что к ней примешано, и по преобладающим в ней качествам. Воды с глинистым руслом лучше, чем те, что текут по камням. Ведь глина очищает воду, отнимает у нее посторонние примеси и делает ее прозрачной, а камни не делают всего этого».

– Как можно очистить воду от нефти и СМС? (проведение опытов № 4 и № 5, см приложение).

8. Проведение опыта по изучению кислотности и органолептических характеристик очищенной воды, занесение полученных результатов в табл.1, заполнение второй колонки.

9. Сравнение результатов качества исходной и очищенной воды. Выяснение причин, повлиявших на изменение качества воды.

10. Поиск ответа на вопрос: «Можно ли живые организмы использовать для индикации поверхностных вод?»

Первый вариант. Показываются видеофрагменты, про разные водоемы. В одном обитают форель, разнообразие водных организмов, среди которых окунь, ерш, судак, щука, жерех, рак, произрастают кувшинка белая, кубышка желтая, ольха. В другом обитают карпы. Происходит не только массовое размножение мотыля, червей – трубочников, дафний, но и исчезновение в воде

раков, лягушек. Вопрос: «Какие организмы являются показателями чистоты водоемов?».

Второй вариант. Выступления учащихся.

Ученик 1. Японцы впервые использовали рыб для индикации чистоты поверхностных вод. Указатель самой чистой воды – форель (в природе она обитает в чистой проточной воде), а самой грязной – карп (живет в стоячей воде). По наличию состояния животных организмов можно судить о качестве воды. Наибольшее разнообразие видов характерно для чистых водоемов. По мере загрязнения водоема многие из них гибнут, а те, что остаются, начинают усиленно размножаться. Например, массовое размножение мотыля, червей – трубочников, дафний указывает на сильное загрязнение водоемов. Показатели чистоты водоема – кувшинка белая, кубышка желтая, ольха. В чистом водоеме живут и размножаются окунь, ерш, судак, щука, жерех. Пропали в реке раки – первый сигнал тревоги: воду чистой не назовешь. Пропали лягушки совсем плохо, река мертва.

Ученик 2. Всякий естественный водоем обладает способностью к самоочищению. К огромной армии санитаров относятся бактерии, грибы, водоросли. Бактерии, например, очень быстро размножаются. За 10 часов из одной бактерии образуется 1 млн новых. Они могут поглощать в сто раз большее количество вещества, чем весят сами. Что же касается водорослей, то они еще, кроме того, что обогащают воду кислородом. Очищаться от вредных примесей водоемам помогают друзья из мира растений суши. Ива и ольха своими корнями извлекают из воды попавшие туда из полей минеральные удобрения. Кроме того, прибрежная зелень обогащает слой воздуха над водной поверхностью кислородом, который необходим для процессов самоочищения воды, кроны деревьев затеняют реку ветвями и благодаря этому уменьшается испарение воды.

11. Творческое задание.

После того, как мы познакомились с влиянием загрязнителей на качество воды и способами её очистки, вам предстоит самим представить себе, а можно и разыграть жизненную ситуацию, в которой возникает необходимость очистить воду от примесей.

Зачитывается несколько работ.

12. Подведение итогов и домашнее задание.

– Что вы узнали на этом уроке?

– Чему вы научились на этом уроке?

Учитель: На этом наш урок завершен, и я буду довольна, если вы из него извлечете пользу. Если став политиками, юристами и просто людьми других специальностей будете претворять в жизнь свою программу – минимум по защите окружающей среды, и это станет вашей жизненной необходимостью.

Домашнее задание. Учащиеся должны предложить мероприятия, способствующие сохранению качества воды в природных водоемах.

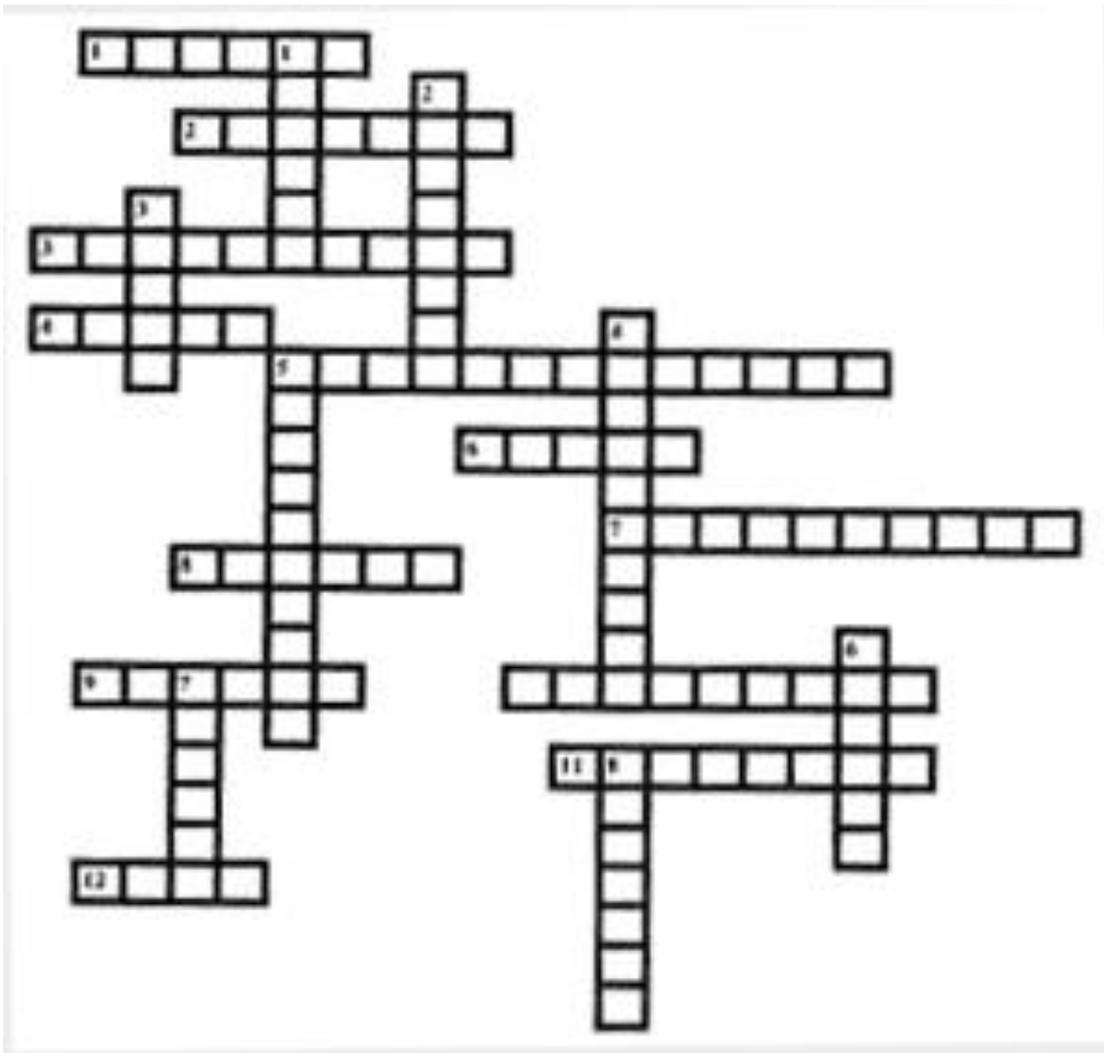
7.5. Кроссворд по теме «Мировой океан» [29]

По горизонтали:

1. Волна, достигающая наибольшей высоты у берега и обладающая огромной разрушительной силой
2. Обломок материкового или шельфового ледника, плавающий в океане.
3. Глубочайший в Мировом океане желоб.
4. Часть океана, озера, реки, моря, глубоко вдающаяся в сушу.
5. Самая изменчивая по свойствам водная масса.
6. Материковая отмель.
7. Море без берегов.
8. Организмы, обитающие на дне водоемов.
9. Активно плавающие организмы, обитающие в толще воды и способные противостоять течению.
10. Бурая водоросль, из которой получают агар-агар.
11. Остров, являющийся частью срединно-океанического хребта.
12. Остров кольцеобразной формы с мелководной лагуной внутри.

По вертикали:

1. Ветер, возникающий на границе материка и океана и меняющий свое направление дважды в год.
2. Единица измерения солености.
3. Рачки, служащие основной пищей усатых китов.
4. Теплое течение, начинающееся в Мексиканском заливе.
5. Холодное течение у берегов Южной Америки.
6. Представитель народа, который первым пересек Атлантический океан и открыл остров Гренландия.
7. Самое соленое в мире море.
8. Канал, соединяющий два моря двух океанов и разъединяющий два материка на два света.



Ответы:

По горизонтали: 1. Цунами. 2. Айсберг. 3. Марианский. 4. Залив.
5. Поверхностная. 6. Шельф. 7. Саргассово. 8. Бентос. 9. Нектон.
10. Ламинария. 11. Исландия. 12. Атолл.

По вертикали: 1. Муссон. 2. Промилле. 3. Криль. 4. Гольфстрим.
5. Перуанское. 6. Викинг. 7. Красное. 8. Суэцкий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д. Общая гидрология. М.: Высш. шк., 1991. 368 с.
2. Никаноров А.М. Гидрохимия: учебник. 2-е изд, перераб. и доп. СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 444 с.
3. Тарасова Н.П., Кузнецов В.А., Сметанников Ю.В., Малков А.В., Додонова А.А. Задачи и вопросы по химии окружающей среды. М.: Мир, 2007. 368 с.
4. [http://www.luxury2.ru/blog/vozniknovenie-vody;](http://www.luxury2.ru/blog/vozniknovenie-vody)
<http://watersite.ru/proisxozhdenie-vody-na-zemle>
5. Ходова Е.С. География, Россия: природа, население, хозяйство. Тетрадь-практикум, 8 класс: пособие для учащихся общеобразовательных учреждений. М.: Просвещение, 2012. 63 с.
6. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. 637 с.
7. Максаковский В.П. Географическая картина мира. Кн. 1. 4-е изд., испр. и доп. М.: Дрофа, 2008. 495 с.
8. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М.: Изд-во «Эколайн», 1999. 54 с.
9. Зилов Е.А. Химия окружающей среды: Учебное пособие. Иркутск: Иркут. ун-т, 2006. 148 с.
10. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. [Электронный ресурс]: <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9742/index.htm>
11. Иванова В.В., Невраева Г.А. Классификация подземных минеральных вод. М.: Недра, 1964.
12. Хохрякова Е.А., Резник Я.Е. Водоподготовка / под ред. С.Е. Беликова. М.: Изд. Дом «Аква-Терм», 2007. 240 с.
13. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2010 г. (Региональный доклад) / под общ. ред. А.В. Албеговой. Киров: ООО «Триада плюс», 2011. 208 с.
14. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006, в редакции от 19.06.2007 ФЗ - N 74 // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]: <http://base.consultant.ru/>
15. Экскурсии по памятникам природы г. Кирова и области. Ч. 2. / под общ. ред. И.М. Зарубиной, В.М. Рябова, Е.В. Рябовой. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 256 с. С. 17-18.
16. Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
17. Кульский Л.А., Даль В.В., Ленчина Л.Г. Вода знакомая и загадочная. Киев: Радянська школа, 1982.

18. Богословский Б.Б., Самохин А.А., Иванов К.Е., Соколов, Д.П. Общая гидрология. Л., 1984.
19. Бурков Н.А. Прикладная экология. Киров: Вятка, 2005. 272 с.
20. ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения: <http://ru.wikisource.org/wiki/>
21. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Учебное пособие для инженера-эколога / под ред. А.Ф. Порядина и А.Д. Хованского. М.: НУМЦ Минприроды России, Изд. Дом «Прибой», 1996. 350 с.
22. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года. – Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р
23. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М.С. Гиляров; редкол.: А.А. Бабаев, Г.Г. Винберг, Г.А. Заварзин и др. 2-е изд., испр. М.: Сов. энцикл, 1986.
24. Инженерная экология / под ред. В.Т. Медведева. М.: Гардарики, 2002. 687 с.
25. Инженерная экология и экологический менеджмент / под ред. Н.И. Иванова, И.М. Федина. М.: Логос, 2003. 528 с.
26. Природа Кировской области <http://priroda43.ru>
27. Энциклопедия Земли Вятской. Т. 7. Природа / сост. А.Н. Соловьёв. Киров: Вятка, 1997. 606 с.
28. Букина Е.Б. Загрязнители воды и способы её очистки <http://festival.1september.ru/articles/520524/>
29. География в кроссвордах. М.: Дрофа, 2004. 80 с.

Учебное издание

**Огородникова Светлана Юрьевна
Зимонина Наталья Михайловна**

**Серия тематических сборников и DVD-дисков
«Экологическая мозаика»
Сборник 3. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ**

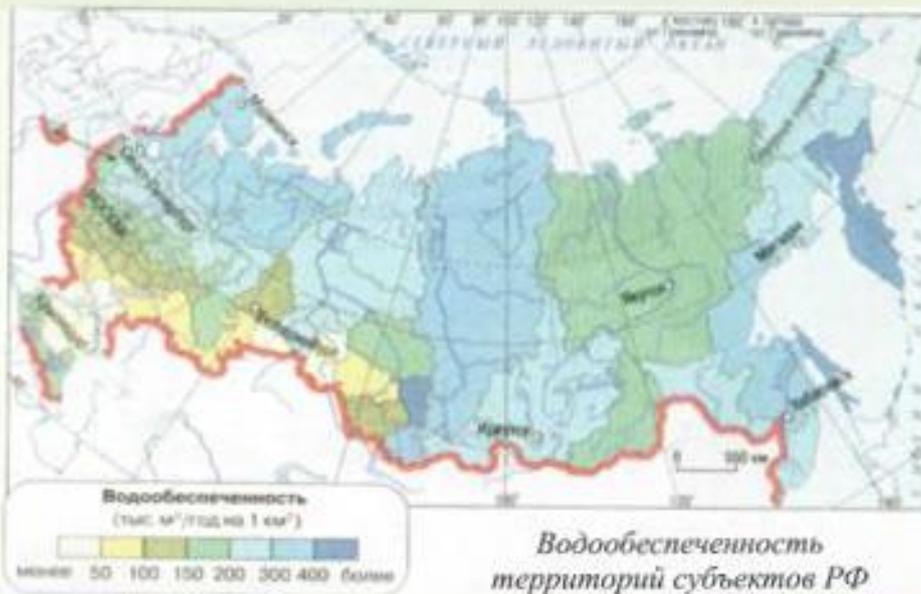
Учебно-методическое пособие

Редактор *Т. Н. Котельникова*
Технический редактор *С.Н. Тимофеева*

Фото на 1 -й стр. обложки взято из Интернета
Фото на посл. стр. обложки Тарасовой М.В., п. Фаленки
«Почти коралловые рифы»

Подписано в печать 10.12.12.
Формат 60x84 1/16.
Гарнитура «Times New Roman».
Бумага офсетная. Усл. п. л. 6,0.
Заказ № 521/12.

Отпечатано в ООО «Типография "Старая Вятка"»
610004, г. Киров, ул. Р. Люксембург, 30, т. 65-36-77.



*Сооружения для механической очистки сточных вод:
горизонтальные песколовки и радиальные первичные отстойники*

ПРИБРЕЖНАЯ ЗАЩИТНАЯ ПОЛОСА

Законодательством Российской Федерации установлен специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности

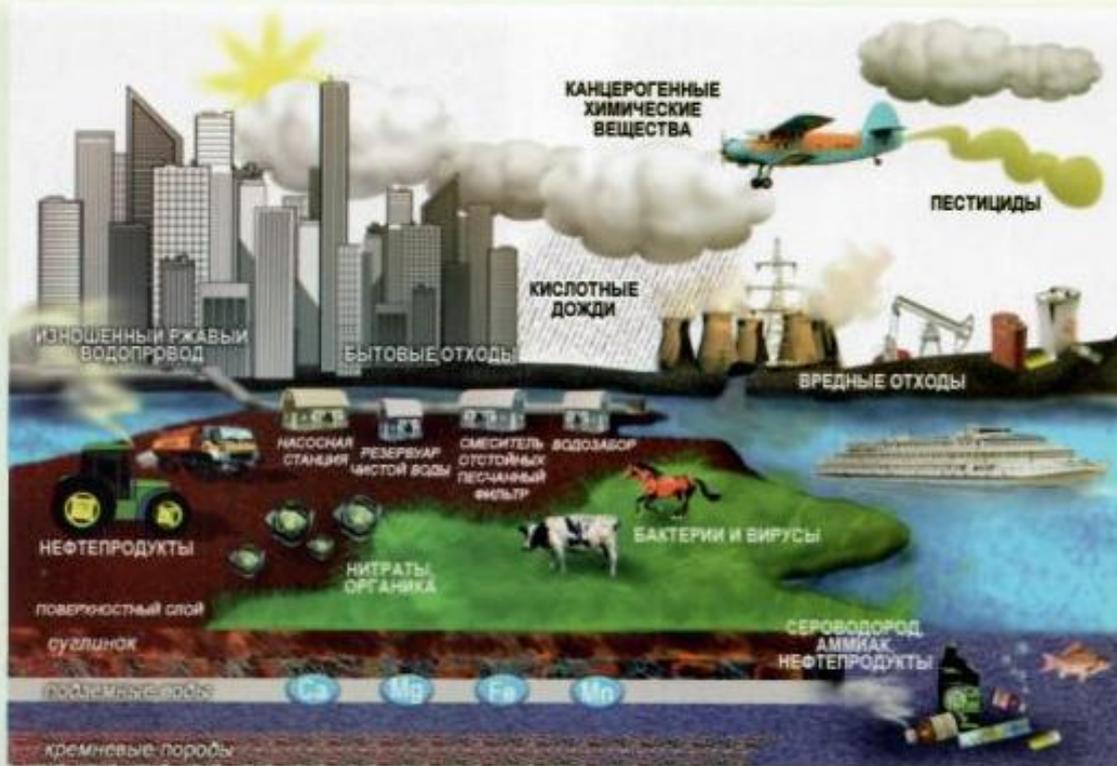
ВОДООХРАННАЯ ЗОНА

Законодательством Российской Федерации установлен специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности

*Знаки «Прибрежная защитная полоса»
и «Водоохранная зона»*



Аэротенки. Полный процесс очистки сточных вод в аэротенке складывается из нескольких стадий: стадия – адсорбция загрязняющих веществ активным илом; биodeградация адсорбированных веществ; заключительная стадия – восстановление начальной активности ила (регенерация)

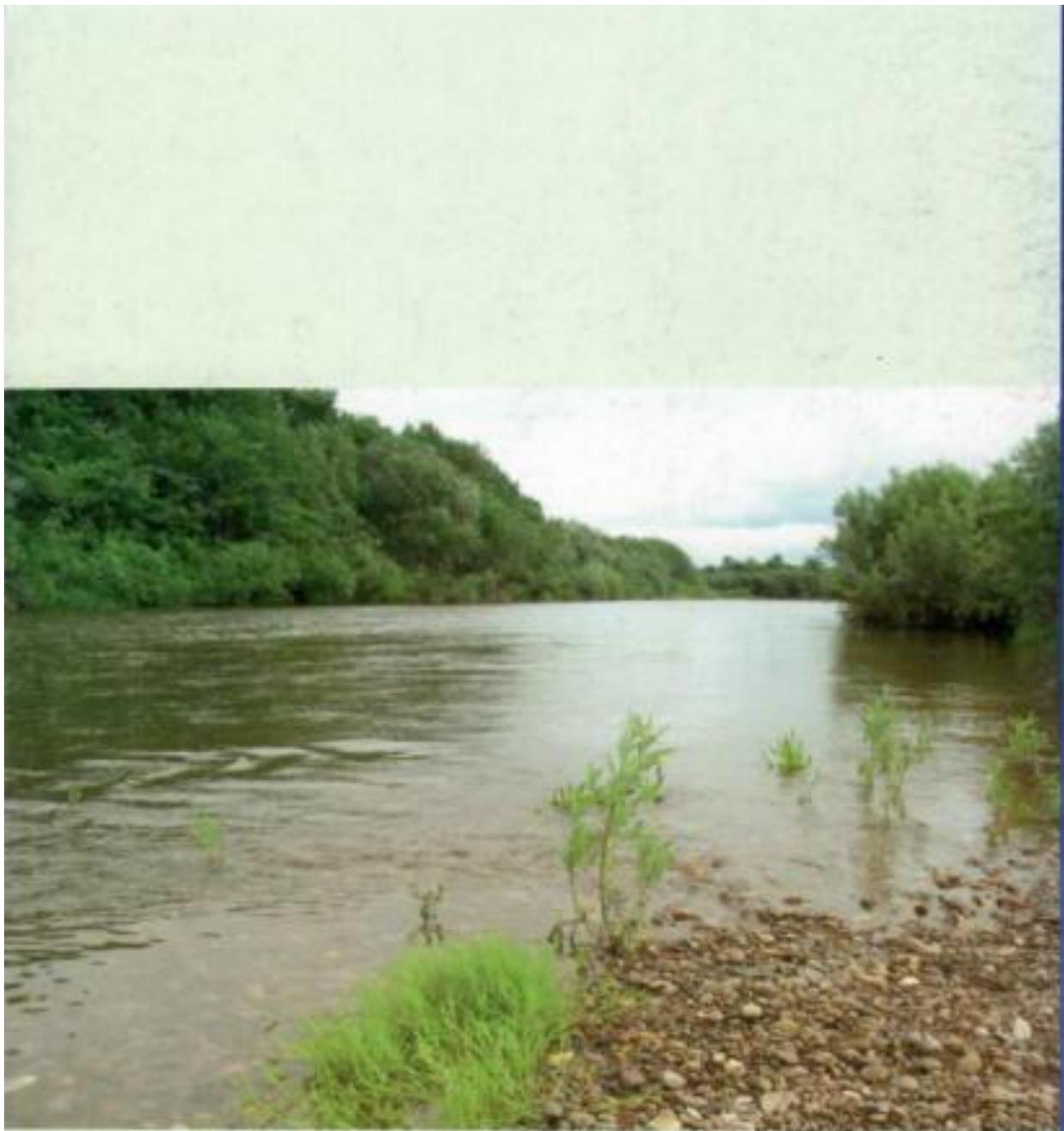


Источники загрязнения воды



Загрязнение воды





ISBN 978-5-91061-304-5



9 785910 613045