

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

А. П. Дуктов, В. И. Лавушев

# ЭКОЛОГИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

## ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
в сфере высшего образования Республики Беларусь  
по образованию в области сельского хозяйства  
в качестве учебно-методического пособия для студентов  
учреждений образования, обеспечивающих получение углубленного  
высшего образования по специальности 7-06-0811-01 Зоотехния*

Горки  
БГСХА  
2024

УДК 574:639.3(076.5)

ББК 47.2я73

Д81

*Одобрено методической комиссией  
факультета биотехнологии и аквакультуры 27.02.2024 (протокол № 6)  
и Научно-методическим советом БГСХА 28.02.2024 (протокол № 6)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. П. Дуктов*;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. И. Лавушев*

Рецензенты:

кандидат биологических наук, доцент *С. М. Дегтярик*;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *О. В. Заяц*

**Дуктов, А. П.**

Д81 Экология аквакультуры. Практикум : учебно-методическое пособие / А. П. Дуктов, В. И. Лавушев. – Горки : БГСХА, 2024. – 114 с.

ISBN 978-985-882-507-2.

Представлен материал для изучения учебной дисциплины в рамках лабораторных занятий, приведены контрольные вопросы по темам.

Рассмотрены темы по рациональному использованию водных ресурсов с целью сохранения и возможного улучшения состояния водных объектов и всего живого, обитающего в них, на них и около них.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение углубленного высшего образования по специальности 7-06-0811-01 Зоотехния.

УДК 574:639.3(076.5)

ББК 47.2я73

**ISBN 978-985-882-507-2**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2024

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время трудно найти пригодное для жизни место на Земле, где человеческая цивилизация не поставила бы свой темный штамп. Рост потребления и безудержная погоня за прибылью заставляют производителей закрывать глаза на негативные экологические последствия, к которым неминуемо ведет их безответственное отношение к экосистеме. Загазованные города, загрязненные водоемы, исчезающие популяции животного мира, проблемы здоровья человека – это только малая часть того, что отразится на судьбах будущих поколений.

Стратегия сохранения биологического разнообразия неразрывно связана со стратегиями развития всех других секторов страны – экономики, национальной безопасности, здравоохранения, права, образования, науки, культуры и др. Сохранение биоразнообразия должно стать неотъемлемой и органичной частью жизни всего общества, нормы и принципы сохранения живой природы должны войти в систему правил поведения, принимаемых всеми социальными группами.

# 1. ЭКОЛОГИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЗНЫХ ВИДОВ

## 1.1. Водные ресурсы как экологический фактор жизни на Земле

Гидросфера – важнейший элемент биосферы. Она объединяет все воды земного шара, включая океаны, моря и поверхностные воды суши. В более широком смысле к гидросфере относят подземные воды, лед и снег Арктики и Антарктиды, а также атмосферную воду и воду, содержащуюся в живых организмах. Водные массы на поверхности Земли образуют тонкую геологическую оболочку, которая занимает большую часть поверхности Земли и образует Мировой океан (361 млн. км<sup>2</sup>, или 70,8 % всей поверхности планеты). Общий объем гидросферы равен 1,4 млрд. км<sup>3</sup>, доля ее по отношению ко всей массе Земли не превышает 0,02 %. Основная масса воды гидросферы сосредоточена в морях и океанах (94 %), второе место по объему водных масс занимают подземные воды (3,6 %), третье – лед и снег арктических и антарктических областей, горные ледники (2 %). Поверхностные воды суши (реки, озера, болота) и атмосферные воды составляют доли процента от общего объема воды гидросферы (0,4 %). Воды гидросферы находятся в постоянном взаимодействии, переходы из одних видов вод в другие составляют сложный круговорот воды на земном шаре. С гидросферой связано зарождение жизни на Земле, так как вода способна к образованию сложных химических соединений, которые обусловили возникновение органической жизни, а затем – формирование высокоорганизованных живых организмов.

Вода – химическое соединение водорода с кислородом (H<sub>2</sub>O), бесцветная жидкость без запаха, вкуса и цвета. В природных условиях всегда содержит растворенные соли, газы и органические вещества, их количество меняется в зависимости от происхождения воды и окружающих условий. При концентрации солей до 1 г/л воду считают пресной, до 24,7 г/л – солоноватой, свыше – соленой.

Вода как фактор может рассматриваться как условие и как ресурс в зависимости от среды обитания. В наземных местообитаниях вода – необходимый ресурс для всего живого. Ни один организм не застрахован от потерь воды, поэтому постоянно должен пополнять ее запасы. Наземные животные просто пьют воду, причем некоторые, даже мелкие особи поглощают ее в значительном количестве. Например, гусеница китайского дубового шелкопряда может выпить до 500 мл воды. Отдельные виды зверей и птиц, нуждающиеся в регулярном водопое, но живущие в сухих местообитаниях, вынуждены каждый день изда-

лека посещать источники, чтобы утолить жажду и набрать воды для молодняка. Так поступают пустынные рябки, горлицы приносят птенцам в своих зобах чистую воду. Некоторые животные получают ее с пищей. Например, из соков своих жертв получает влагу миниатюрная африканская лисичка фенек. Другие довольствуются водой, образующейся в процессе метаболизма. Например, некоторые животные могут обходиться без воды практически в течение всей жизни: североамериканская оленья мышь в эксперименте прожила 3 года без воды, питаясь лишь сухими семенами. Отдельные особи могут впитывать воду непосредственно через покровы тела. Личинки насекомых, живущие в почве и сырой древесине, поглощают воду через кутикулу. Австралийская ящерица молох впитывает воду после дождя гигроскопичной, как фильтровальная бумага, кожей. У пустынной австралийской лягушки хиролептес вода накапливается не только в подкожных тканях, но и в брюшной полости и мочевом пузыре.

Для многих организмов большое значение имеет атмосферная влага, т. е. относительная влажность воздуха. Земноводные, наземные равноногие ракообразные, нематоды, дождевые черви и моллюски обитают в таких местах, где относительная влажность воздуха составляет 100 % или близка к этому значению. Некоторые виды очень чутко реагируют на даже незначительные изменения влажности среды. Например, мокрица в градиент-приборе различала отсеки с влажностью 100 и 97 %, предпочитая 100%-ную влажность.

Для растений кроме атмосферной влаги важно также наличие достаточной и доступной влаги в почве. Большинство растений получает воду с помощью корней, а точнее корневых волосков всасывающей зоны корня. Корневые системы чутко реагируют на содержание и распределение воды в почве. Самые глубокие корни развиваются там, где почва с поверхности пересыхает и остается влажной в нижних горизонтах. Такие корни у верблюжьей колючки, люцерны, они достигают 10 м. Там, где в почве нет влаги, развиваются поверхностные корневые системы, улавливающие атмосферные осадки, которые являются в таких случаях единственным источником влаги. У некоторых растений образуются воронки, вздутия влагалищ листа, которые собирают дождевую воду. У бромелиевых в листовую воронку могут даже прорастать придаточные корни.

Не вся поглощенная вода используется растениями для фотосинтеза, большая ее часть испаряется с поверхности листьев. К. А. Гимирязев назвал транспирацию «необходимым злом», имея в

виду, что листья испаряют воду. Растения в ходе эволюции выработали приспособления к уменьшению испарения.

По способности приспособлять водный обмен к колебаниям водоснабжения различают две группы растений:

- пойкилогидрические – организмы, неспособные регулировать водный режим, у них нет анатомических приспособлений, которые защищали бы от испарения. Они поглощают и испаряют воду как физическое тело. Это наземные водоросли, мхи, лишайники, некоторые высшие сосудистые растения. Они могут полностью высохнуть до воздушно-сухого состояния, а попав во влажную среду способны восстановиться (рис. 1);



Рис. 1. Пойкилогидрическое растение – мох

- гомойогидрические – наземные папоротники, голосеменные, цветковые. Способны в определенных пределах регулировать потерю воды. Даже при значительных колебаниях влажности среды у них не наблюдается резких колебаний содержания воды в клетках. При этом клетки не способны к обратимому высыханию. Гомойогидрические растения делятся на следующие группы.

*Гидатофиты* – водные растения, полностью или большей частью погруженные в воду (ряска, элодея, кубышка и т. д.) (рис. 2).



Рис. 2. Элодея

*Гидрофиты* – наземно-водные растения, погруженные в воду только нижними частями (стрелолист, частуха, камыш и т. д.) (рис. 3).



Рис. 3. Шильник водяной (частуха)

*Гигрофиты* – наземные растения, приспособленные к обитанию в условиях высокой влажности воздуха, в сырых лесах (папоротники, кислица), на берегах водоемов и в других местах (рис. 4).



Рис. 4. Кислица

*Мезофиты* – растения умеренно увлажненных местообитаний. Это луговые травы, лесные растения, большинство сельскохозяйственных культур. Они не переносят длительную засуху (рис. 5).



Рис. 5. Луговые травы

*Ксерофиты* – растения сухих мест обитаний. В свою очередь, их делят на суккуленты и склерофиты.



*Суккуленты* – растения, способные накапливать в тканях и органах большое количество воды (кактусы, алоэ, агавы, баобаб) (рис. 6).

*Склерофиты* – засухоустойчивые растения с жесткими, кожистыми листьями и стеблями, задерживающими испарение (верблюжья колючка, полынь, ковыли). Они имеют мощную корневую систему, листья часто видоизменены (колючки, шипы) (рис. 7).



Рис. 6. Кактусы



Рис. 7. Степная трава: ковыль

Среди наземных животных в зависимости от отношения к воде различают следующие группы: гидрофилы, мезофилы, ксерофилы.

*Гидрофилы* – влаголюбивые животные: мокрицы, ногохвостки, комары, наземные планарии, наземные моллюски и амфибии (рис. 8).



Рис. 8. Бипалия

*Мезофилы* – животные, обитающие в районах с умеренной влажностью: озимая совка, многие насекомые, птицы, млекопитающие (рис. 9).



Рис. 9. Млекопитающие Беларуси

*Ксерофилы* – это сухолюбивые животные, не переносящие высокой влажности: верблюды, пустынные грызуны и пресмыкающиеся (рис. 10).



Рис. 10. Животные пустыни

Вода – среда обитания. Она является эволюционно первой средой органической жизни на Земле. В настоящее время до 71 % площади земного шара занимает гидросфера. Все водные обитатели приспособились к особенностям водной среды, отличающим ее от других сред. Вода характеризуется большей по сравнению с воздухом плотностью, высокой теплопроводностью, а также способностью растворять соли и газы.

Масса организмов в воде становится меньше, и благодаря этому некоторые из них могут постоянно плавать в толще воды, не опускаясь на дно. Совокупность мелких организмов, парящих в толще воды во взвешенном состоянии, неспособных к активному плаванию, называют планктоном. В состав планктона входят микроскопические водоросли, мелкие ракообразные, икра, мальки рыб и другие виды. Наличие планктона обусловило появление фильтрационного типа питания, который встречается и среди активно плавающих крупных животных, и среди донных организмов: китовая акула, усатые киты, мидии и др.

Для активного плавания в воде организмы должны иметь сильную мускулатуру и обтекаемые формы тела, что можно наблюдать у быст-

ро плавающих рыб и дельфинов. Это связано с высокой плотностью водной среды обитания, ведь плотность воды больше плотности воздуха в 800 раз. Благодаря этому большинство водных растений не имеет механических тканей или она развита очень слабо. Многие водные животные покрыты слизью, которая уменьшает трение при плавании.

На глубине водные обитатели испытывают сильное давление. В среднем в водной толще с погружением на каждые 10 м давление возрастает на 1 атм. Глубоководные организмы способны перенести давление водной толщи созданием внутреннего, уравновешивающего наружное, давления. При подъеме таких организмов на поверхность происходит деформация их тела, например, у морских окуней глаза «вылетают» из глазниц.

Температура в водной среде всегда более стабильна, чем на суше. В связи с этим водным организмам нет необходимости приспосабливаться к резким колебаниям температуры. Особые химические свойства воды обуславливают даже при сильных морозах подо льдом положительные температуры.

Одним из ограничивающих жизнь в водной среде обитания факторов является концентрация кислорода. Рыбы населяют разные участки реки в зависимости от количества в каждом конкретном участке кислорода: в верховьях реки обитают более требовательные к кислороду форель, голяки, ниже по течению – сазан. Личинки комаров хироноид и малощетинковые черви трубочники обитают на больших глубинах, где кислород практически отсутствует. На содержание кислорода оказывают влияние загрязнение вод и повышение температуры.

Вода различных водоемов Земли отличается по солености, т. е. по количеству растворенных минеральных веществ. Как правило, соленость морских вод близка к 35 промилле, т. е. в 1 л воды растворено 35 г солей, главным образом хлоридов, сульфатов и карбонатов. Пресные же воды имеют соленость не более 0,5 промилле. В морских водах происходит непрерывная «откачка» воды из тел живых организмов, так как их внутренняя среда менее соленая, а в пресных водах, наоборот, вода постоянно проникает внутрь по этой же причине. Поэтому считается, что люди, потерпевшие крушение, находясь в морской воде, погибают от обезвоживания. Морские организмы приспосабливаются к этому обстоятельству различными путями. Одни, например акулы, накапливают в своих тканях осмотически активные вещества, т. е. вещества, удерживающие воду, у акул это мочевины. По этой причине мясо акул практически несъедобно, оно резко пахнет мочой. Другие (рыбы, рептилии) пьют морскую воду, за счет чего концентрация ве-

ществ в их тканях увеличивается. Избыток солей при этом удаляется через специальные солевые железы. У рыб эти железы расположены на жабрах. У морских черепах и чаек такие железы находятся в голове. Протоки их выводятся в носовую полость. У морских млекопитающих избыточная соль выводится почками. Пресноводные рыбы не пьют воду, она сама путем осмоса проникает в их тела через жабры, эпителий ротовой полости, покровы тела. Их почки постоянно вырабатывают большое количество гипотоничной мочи для удаления избытка воды.

Водная среда отличается также световым режимом, к которому наиболее чувствительны растения. В мутных водоемах растения обитают только в поверхностном слое, а в более прозрачных водах могут встречаться и на глубинах. С увеличением глубины количество света убывает, меняется и спектральный состав солнечных лучей. Водная толща в первую очередь поглощает красные лучи, а сине-фиолетовая часть спектра проникает на глубину до 250–300 м. Соответственно этому зеленые водоросли уступают место на глубине бурым и красным, пигменты которых более приспособлены к улавливанию солнечных лучей с короткими длинами волн.

Обитающие в водной среде организмы называются гидробионтами. Они приспособлены к жизни в разных слоях водной толщи и подразделяются на нектон, планктон и бентос.

Нектон (от греч. *nekto* – плавающий) – это совокупность активно плавающих, свободно перемещающихся организмов, не имеющих непосредственной связи с дном (рис. 11).

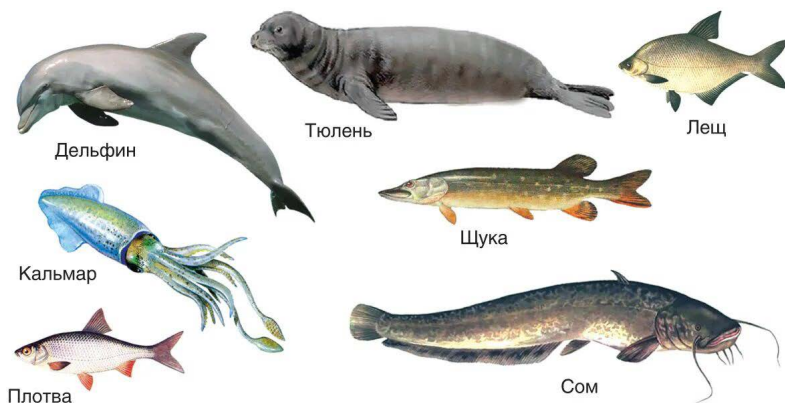


Рис. 11. Представители нектона

Эти животные способны преодолеть большие расстояния и сильные водные течения. Для них характерна обтекаемая форма тела и хорошо развитые органы движения. Типичными нектонными организмами являются рыбы, кальмары, ластоногие, киты. В пресных водах, кроме рыб, к нектону относятся земноводные и подвижные насекомые.

Планктон (от греч. *planktos* – блуждающий, парящий) – это совокупность организмов, обитающих в толще воды и пассивно переносимых водными течениями. Они не обладают способностью к быстрым перемещениям. В основном это мелкие животные – зоопланктон и растения – фитопланктон (рис. 12). Планктонные организмы располагаются либо на поверхности воды, либо на глубине.



Рис. 12. Представители зоопланктона и фитопланктона

Плейстон (от греч. *plein* – плавать на корабле) – совокупность водных организмов, держащихся на поверхности воды, а также гидробионтов, часть тела которых находится в воде, а часть – над ее поверхностью (ряска малая, сифонофоры и др.) Нейстон (от греч. *neustos* – плавающий) – совокупность водных организмов, обитающих в зоне пленки поверхностного натяжения воды (над или под ней) (бактерии, простейшие, клопы-водомерки (рис. 13), жуки-вертячки, водоросли.



Рис. 13. Прудовик и клоп-водомерка

Бентос (от греч. *benthos* – глубина) – совокупность водных организмов, обитающих на дне (на грунте или в грунте) водоемов. Он подразделяется на фитобентос, зообентос (рис. 14) и бактериобентос (рис. 15).



Рис. 14. Осминог и морская звезда

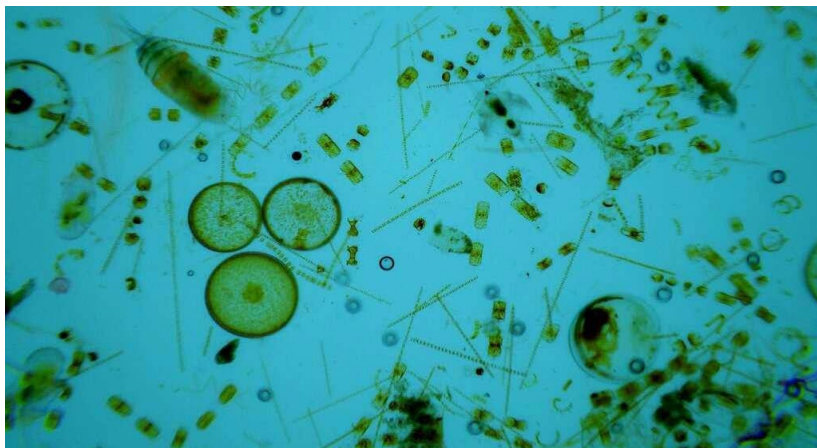


Рис. 15. Бактериобентос

Фитобентос морей в основном включает в себя водоросли – диатомовые, зеленые, бурые и красные. Наиболее богаты фитобентосом скалистые и каменистые участки дна. Зообентос представлен прикрепленными или медленно передвигающимися или роющимися в грунте животными – иглокожие, двустворчатые моллюски, асцидии, губки и др.

Климат и погода на Земле во многом зависят и определяются наличием водных пространств и содержанием водяного пара в атмосфере. В сложном взаимодействии они регулируют ритм термодинамических процессов, возбуждаемых энергией Солнца. Океаны и моря, благодаря большой теплоемкости воды, служат аккумуляторами тепла и способны изменять погоду и климат на планете. Океан, растворяя газы атмосферы, является регулятором воздуха.

## 1.2. Запасы и качество природных вод

Водные ресурсы – это все воды гидросферы, т. е. воды рек, озер, каналов, водохранилищ, морей, океанов, подземные воды, вода горных и полярных ледников, почвенная влага, водяные пары атмосферы.

Ресурсы пресных вод составляют незначительную долю общего суммарного объема всей гидросферы, но именно они играют решающую роль в общей циркуляции воды, в связях гидросферы с экологическими системами, в жизнедеятельности человека и существовании



других живых организмов, в развитии производства. На пресные воды приходится около 6 % гидросферы, используемая часть (речной сток, озерная вода) составляет менее 1 % от общего объема вод гидросферы (рис. 16).

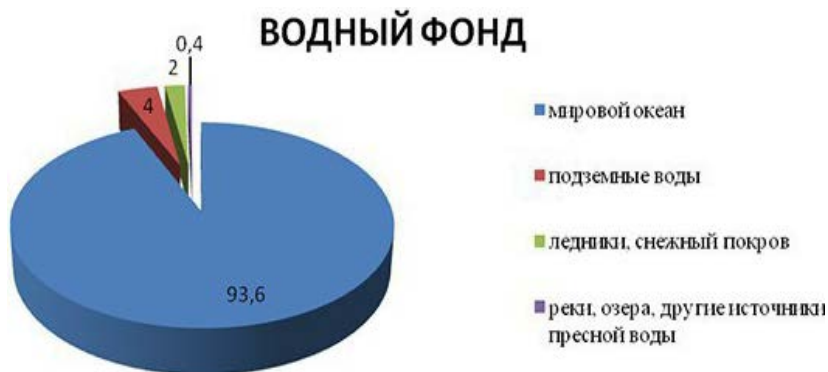


Рис. 16. Распределение водных ресурсов мира

Вода обеспечивает существование живых организмов на Земле и развитие процессов их жизнедеятельности. Она входит в состав клеток и тканей любого животного и растения. В среднем вода составляет около 90 % массы всех растений и 75 % массы животных. Сложные реакции в животных и растительных организмах могут протекать только при наличии водной среды. Тело взрослого человека содержит 60–80 % воды. Физиологическую потребность человека в воде можно удовлетворить только водой и ничем иным. Потеря 6–8 % воды сопровождается полубморочным состоянием, 10 % – галлюцинацией, потеря 12 % воды приводит к смерти.

**По обеспеченности водными ресурсами** Республика Беларусь находится в сравнительно благоприятных условиях. Имеющиеся ресурсы природных вод вполне достаточны для удовлетворения как современных, так и перспективных потребностей в воде. В средний по водности год поверхностные водные ресурсы составляют 57,9 км<sup>3</sup>, в том числе формирующиеся в пределах страны – 34 км<sup>3</sup>. В многоводные годы общий речной сток увеличивается до 92,4 км<sup>3</sup>, а в маловодные снижается до 37,2 км<sup>3</sup>. Возобновляемые (естественные) ресурсы подземных вод составляют 15,9 км<sup>3</sup> в год, эксплуатационные запасы – 2,3 км<sup>3</sup> в год.

В Беларуси доля потребления воды на сельскохозяйственные нужды (36 %) ниже средних мировых значений (69 %), но выше средних европейских (25 %), тогда как доля потребления воды на нужды промышленности (25 %) выше, чем в среднем в мире (19 %), но более чем в 2 раза ниже, чем в Европе (54 %). Основными потребителями воды в Беларуси являются домашние хозяйства (39 %), что значительно превышает средние уровни водопользования в Европе и в мире (21 % и 12 % соответственно). Домохозяйства являются основными потребителями воды в Беларуси, опережая промышленность и сельское хозяйство, в структуре водопотребления которого основной объем свежей воды используется на нужды рыбного прудового хозяйства. Потребление воды рыбным прудовым хозяйством в несколько раз превышает потребление воды другими подотраслями сельского хозяйства республики.

Административные регионы Беларуси и районы значительно различаются по уровню обеспеченности водными ресурсами. Население и экономика страны сосредоточены в центральном регионе страны – Минской области. Однако обеспеченность этой области поверхностными водами (в среднем  $7,6 \text{ км}^3$  в год) ниже, чем соседних областей, особенно по сравнению с восточными областями: Могилевской ( $14,6 \text{ км}^3$  в год), Витебской ( $18,1 \text{ км}^3$  в год) и Гомельской ( $31,5 \text{ км}^3$  в год). Однако по уровню обеспеченности подземными водами в целом Минская область лидирует ( $10\,700 \text{ м}^3$  в сутки), так же как и Витебская ( $10\,260 \text{ м}^3$  в сутки). Разведанных запасов подземных вод в других областях намного меньше.

Многие ученые и исследователи описывают загрязненность водоемов по шкале Кольквитца – Марссона.

Так, по шкале Кольквитца – Марссона водоемы или их зоны в зависимости от степени загрязнения органическими веществами подразделяются на поли-, мезо- и олигосапробные.

Полисапробные воды характеризуются почти полным отсутствием свободного кислорода, наличием в воде неразложившихся белков, значительных количеств сероводорода, диоксида углерода, метана и аммиака, восстановительным характером биохимических процессов. Кроме того, они характеризуются обилием сложных биохимических соединений. В этих водах интенсивно протекают процессы редукции и распада, при которых в иле образуются сернистое железо и сероводород. Такие воды способны к быстрому загниванию.

Население полисапробных вод характеризуется малым видовым разнообразием, но отдельные виды могут достигать большой числен-

ности. Основу населения составляют сапрофитные бактерии, численность которых достигает многих сотен миллионов клеток в 1 мл воды. Растения отсутствуют. Многочисленны бесцветные жгутиковые и грибы. Из более высокоорганизованных форм здесь встречаются олигохеты *Tubifex tubifex* и личинки *Eristalis tehax*. Надежными показателями полисапробных вод являются многие бактерии (*Sphaerotilus natans*, *Thiopyococcus ruses* и др.). Сообщества бактерий, грибов и простейших, развивающиеся при сильном органическом загрязнении, образуют слизистые обрастания. Некоторые исследователи называют такие биоценозы грибом сточных вод.

В мезосапробных водоемах загрязнение выражено слабее: неразложившихся белков нет, сероводорода и диоксида углерода немного, кислород присутствует в заметных количествах, его количество близко к величине нормального насыщения, растворенных органических веществ практически нет; однако в воде есть еще такие слабоокисленные азотистые соединения, как аммиак, аминокислоты и амидокислоты. Основную группу качественно бедного населения мезосапробных вод составляют сапрофитные бактерии, количество которых достигает многих десятков миллионов клеток в 1 мл воды. Большое распространение имеют бесцветные жгутиковые, грибы, инфузории. В этой зоне встречаются коловратки, некоторые представители зеленых и синезеленых водорослей. В донных осадках в больших количествах обитают олигохеты из семейства *Tubificidae* и личинки комара *Chironomus plumosus*.

Мезосапробные воды (зоны водоемов) подразделяются на а- и р-мезосапробные. В а-мезосапробных водоемах (зонах), занимающих промежуточное положение между полисапробными и р-мезосапробными, распад органических веществ происходит уже в присутствии небольшого количества кислорода в полуанаэробных условиях и идет в направлении окислительно-восстановительных процессов. Поэтому в воде имеются аммиак, amino- и амидокислоты, сероводород, двуокись углерода. Воды этой зоны способны загнивать. В них обитают бактерии (сотни тысяч клеток в 1 мл), простейшие: инфузории и зеленые жгутиковые (*Cladomonas fruticulosa*, *Podophrya*), гриб *Mucor*, синезеленые водоросли (*Oscillatoria*), некоторые коловратки (*Brachionus plicatilis*, *Br. calyciflorus*), моллюск *Sphaerium corneum*, рачок *Asellus aquaticus*, личинки двукрылых, черви, личинки мух. Могут обитать нетребовательные к кислороду виды рыб. Потребность организмов в кислороде незначительная. Цветковые растения

отсутствуют или встречаются в малых количествах. Смена сообществ, как и в полисапробной зоне, часто протекает катастрофически.

Для а-мезосапробных вод характерно энергичное самоочищение. В нем принимают участие и окислительные процессы за счет кислорода, выделяемого хлорофиллоносными растениями, среди которых встречаются не только синезеленые, но и диатомовые и зеленые водоросли. Деревенские пруды, рвы и каналы на полях орошения обычно содержат а-мезосапробные воды.

Следующая, р-мезосапробная подзона характеризуется присутствием аммиака и продуктов его окисления – азотной и азотистой кислоты. Отличается от а-мезосапробной зоны преобладанием окислительных процессов над восстановительными. Благодаря интенсивному фотосинтезу многочисленных растений летом воды бывают перенасыщены кислородом. В воде имеются нитриты, нитраты, немного углекислоты, может быть в незначительных количествах сероводород, аминокислот нет, кислорода в воде много, минерализация идет за счет полного окисления органического вещества. Содержание органических веществ ничтожно. Вода более чистая и не загнивает. В р-мезосапробных водах процессы самоочищения протекают менее интенсивно, чем в а-мезосапробных. Видовое разнообразие обитателей этой подзоны гораздо выше, чем в предыдущей, но численность и биомасса организмов ниже. В этих водах разнообразно представлены растительные организмы (особенно диатомовые, зеленые, синезеленые водоросли), развиваются цветковые растения (роголистники и др.) и животные (инфузории, многочисленны коловратки, низшие ракообразные, насекомые, моллюски и рыбы). В качестве примера таких вод можно привести нормально очищенные летние воды полей орошения.

Олигосапробная зона полностью свободна от загрязнения и обычно перенасыщена кислородом. В ней мало углекислоты, нет аммиака, сероводорода, нитритов, но могут быть нитраты как конечные продукты окислительных биохимических процессов минерализации органического вещества. Соединения металлов находятся в окисных формах. Вода не загнивает. Содержание в ней бактерий незначительно (десятки-сотни клеток в 1 мл). Обитающие организмы характеризуются большой потребностью в кислороде. Население наиболее разнообразно в видовом отношении, но количественно значительно беднее, чем в вышеописанных зонах. В этих водоемах обитают и размножаются разные виды водорослей, особенно *Melosira italica*, *Drapamaldia glomerata* и *D. plumosa*, губки, коловратки, мшанки, ветвистоусые рач-

ки, личинки поденок, веснянок, моллюски, рыбы (форель, голянь, стерлядь и др.), много цветковых растений. В числе индикаторов олигосапробных вод можно назвать ветвистоусых рачков (*Bythotrephes longimanus*, *Daphnia longispira*) и моллюска *Dreissena polymorpha*. Это практически чистые воды больших озер.

Иногда выделяют еще четвертую группу индикаторных организмов, так называемых катаробов, живущих в совершенно чистой холодной воде с большим содержанием кислорода. В соответствии с этим выделяется в водоемах и катаробная зона. Однако практически это предложение оказалось нежизненным.

Характеристика качества воды по сапробности давала очень хорошие результаты, когда в водоемы в основном поступали хозяйственно-бытовые сточные воды и воды, близкие к ним по составу, несущие главным образом органические, легко разрушаемые вещества. В настоящее время система оценки качества воды по сапробности уже недостаточна в связи с поступлением в водоемы чрезвычайно разнообразных загрязнений. Поэтому система Кольквитца – Марссона неприменима в случае загрязнения водоема промышленными стоками.

Методы расчета индексов сапробности постоянно совершенствуются. Расширяются списки индикаторных видов, уточняются их сапробные валентности. Отрабатываются приемы настройки шкал сапробности применительно к конкретным регионам и водным объектам, поскольку выяснилось, что экологическая валентность видов может существенно варьироваться. Тем не менее при любом усовершенствовании индексов и шкалы сапробности они по-прежнему характеризуют качество водной среды и состояние экосистемы лишь по одному признаку – степени органического загрязнения.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова роль воды в природе?
2. Какие проблемы возникают при недостатке водных ресурсов?
3. Какие водные источники являются самыми чистыми?
4. Что оказывает сильное влияние на климат планеты и каким образом?
5. Как подразделяют по шкале Кольквитца – Марссона водоемы или зоны водоема в зависимости от их загрязнения органическими веществами?

## **2. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

### **2.1. Основные проблемы использования водных объектов**

В деятельности человека вода находит самое широкое применение. Вода – это материал, используемый в промышленности и входящий в состав различных видов продукции и технологических процессов. Вода выступает в роли теплоносителя, служит для целей обогрева. Сила падения воды приводит в действие турбины гидроэлектростанций. Водный фактор является определяющим в развитии и размещении ряда промышленных производств. К водоемким отраслям, ориентирующимся на крупные источники водоснабжения, относятся многие производства химической и нефтехимической промышленности, в которых вода служит не только вспомогательным материалом, но и одним из важных видов сырья, а также электроэнергетика, черная и цветная металлургия, некоторые отрасли лесной, легкой и пищевой промышленности. Широко используется вода в строительстве и промышленности строительных материалов. Сельскохозяйственная деятельность человека связана с использованием огромного количества воды, прежде всего на орошаемое земледелие. Реки, каналы, озера – дешевые пути сообщения. Водные объекты – это и места отдыха, восстановления здоровья людей, спорта, туризма.

Основными потребителями воды являются сельское хозяйство и промышленность (рис. 17). Промышленное значение воды очень велико, так как практически все производственные процессы требуют большого ее количества. Основная масса воды в промышленности используется для получения энергии и охлаждения. Для этих целей качество воды не имеет большого значения, поэтому основой сокращения водоемкости промышленного производства является оборотно-повторное водопользование, при котором однажды забранная из источника вода используется многократно, «увеличивая» тем самым запасы водных ресурсов и снижая их загрязнение.

Наибольшее водопотребление среди промышленных отраслей приходится на черную металлургию, химическую и нефтехимическую отрасли, теплоэнергетику. Переход с прямоточного на повторное водоснабжение позволяет сократить объемы водопотребления на ТЭС в 30–40 раз, на некоторых химических и нефтеперерабатывающих предприятиях – в 20–30 раз, при производстве ферросплавов – в 10 раз.

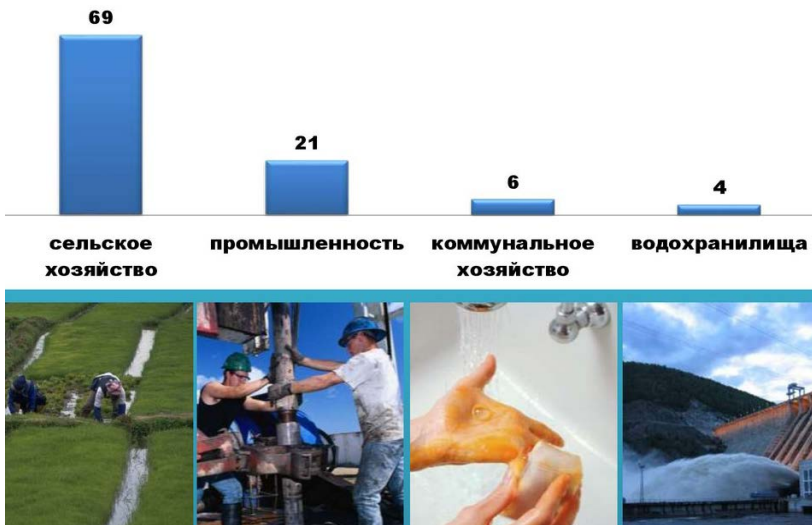


Рис. 17. Основные потребители пресной воды (%)

Большая часть так называемых промышленных вод идет на охлаждение нагреваемых агрегатов. Замена водного охлаждения воздушным в химическом и нефтехимическом производствах, машиностроении и металлообработке, на ТЭС и в деревообрабатывающей промышленности сократила бы потребление воды на 70–80 %. Большие возможности сокращения нерациональных расходов воды имеются и в жилищно-коммунальном хозяйстве. Всем хорошо известно, как велики утечки из неисправных кранов, другой санитарно-технической арматуры, наружных водопроводных сетей. В последнем случае причиной утечек нередко являются быстроизнашивающиеся трубы, и замена их долгосрочными эмалированными трубами и трубами из стеклообразных материалов с повышенной антикоррозионностью позволила бы намного снизить расход воды.

Выделяют следующие **проблемы использования воды**.

**Первая проблема.** С каждым днем увеличивается дефицит чистой пресной питьевой воды.

С древних времен профессия добытчика воды была окружена ореолом почета и особого уважения. Навыки и опыт передавались из поколения в поколение. Поражает философская мудрость древних, начертанных в Египте недалеко от пирамид слова, сказанные от имени самой воды: «Я все: прошлое, настоящее, будущее».

Во время капитального ремонта одного жилого дома был сделан срез водопроводной трубы, которая проработала около 20 лет. Этот срез трубы исследовали в лаборатории микробиологии Белорусского технологического университета. Под микроскопом увидели минеральные отложения, микроводоросли, которые, развиваясь в темноте, образовали очень тяжелые канцерогены. Анализ также выявил наличие микрофауны – всевозможных рачков, инфузорий, не говоря уже о традиционной окиси железа.

Вода белорусских водопроводов далека от совершенства, но работа по улучшению качества воды ведется.

Единственное «достоинство» ее – она более или менее безопасна для здоровья, так как ее обеззараживание производится хлором, что, между прочим, запрещено всеми международными нормами. Это эффективный метод борьбы с некоторыми бактериями. Но когда хлор переходит в молекулярное состояние и попадает в желудок, начинаются сложные химические процессы, в результате не будет дифтерита, но не избежать других болезней.

В воде старых водопроводов практически во всех городах Беларуси очень много коллоидного железа. Ученые утверждают, что когда оно вступает в реакцию с желудочной кислотой, образуются канцерогены, которые вызывают у человека целый ряд хронических заболеваний.

На Западе уже давно занимаются проблемой очистки воды и отдают себе отчет в том, что 80 % патологий, которые происходят с человеком, вызваны некачественной водой. Это большая проблема, но мы до сих пор ее по-настоящему не ощущаем.

Проблемами водоснабжения республики, и в первую очередь села, уже более 70 лет занимается специализированное объединение «Промбурвод». Пробурены за это время десятки тысяч артезианских скважин, проложены тысячи километров водопроводных сетей, добыты миллиарды кубометров живительной влаги.

Основной систем централизованного водоснабжения являются артезианские скважины. Это достаточно сложные в инженерном отношении сооружения, позволяющие получить и использовать подземные воды. Глубины скважин различны – от 10 до 300 м.

Естественная геологическая защищенность глубоких водоносных горизонтов от поверхностных источников загрязнения в известной мере определяет высокое качество воды. Однако, несмотря на огромное количество скважин, работающих в сельском хозяйстве республики (их свыше 32 тыс.), централизованным водоснабжением обеспечено



всего 10 % сельского населения. Какую же воду потребляют остальные? Прежде всего, грунтовые воды, добытые из открытых колодцев. В настоящее время их в республике около 400 тыс. По оценке специалистов, в 70 % из них вода не соответствует установленным стандартам и непригодна для питья. Основными загрязняющими компонентами являются нитраты и другие азотистые соединения, проникающие в подземные воды до глубины 30–35 м. Содержание их в ряде случаев превышает допустимые нормы в 5–10 раз и более.

Таким образом, основная масса городского населения пользуется водопроводной водой, поступающей из артезианских скважин или открытых водных источников. Основная часть сельского населения пользуется грунтовыми водами из открытых колодцев. Таких на селе 90 %. Небольшая часть (10 %) использует воду из артезианских скважин.

**Вторая проблема.** Возрастающие масштабы водопотребления приводят к стремительному росту сброса промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых сточных вод в реки и другие водоемы.

По своей природе сточные воды делятся на минеральные, органические, бактериологические и биологические.

По данным Главгидромета, за год общий забор воды из природных водных источников составляет в Беларуси около 1,9 млрд. км<sup>3</sup>. При этом 66 % воды идет на нужды жилищно-коммунального хозяйства, 23 % составляют потребности сельского хозяйства и более 10 % – промышленности.

В свою очередь, годовой объем сточных вод составляет почти 1,3 млрд. км<sup>3</sup>, из которых лишь немногим более 80 млн. км<sup>3</sup> отводится в различного рода накопители, а 1,2 млрд. км<sup>3</sup> сбрасывается в природные водные объекты.

Наибольшее количество бытовых и производственных сточных вод приходится на водоемы Гомельской области и города Минска.

При этом Минск является самым мощным источником химической нагрузки на речные системы. Столица сбрасывает промышленно-хозяйственных стоков больше всех других городов республики, совместно.

Наибольшую нагрузку сточных вод испытывают реки: Свислочь ниже Минска (самая грязная река – Свислочь), Березина на участке Бобруйск – Светлогорск, Днепр ниже Могилева, Западная Двина ниже Новополоцка, Припять ниже Мозыря, Неман ниже Гродно и Уза в районе Гомеля.

Большой вред экологии (загрязнение воды и атмосферного воздуха) наносят животноводческие комплексы по производству свинины (са-

мые крупные имеют мощность 108 тыс. голов). Так, на среднем свином-комплексе при производстве 1 т свинины расходуется 1 000 м<sup>3</sup> чистой воды. В целом на таком комплексе ежесуточный выход стоков превышает 3 000 м<sup>3</sup>. По негативному влиянию на окружающую среду он приравнивается к городу с населением в 300 тыс. человек.

## 2.2. Мировые тенденции на рынке воды

Вода является возобновляемым ресурсом. По оценкам сейчас используется около 25 % доступных возобновляемых ресурсов пресной воды. Если нынешнее среднедушевое потребление сохранится, то к 2050 г. использование мировых запасов пресной воды только за счет роста населения достигнет 70 % и более. Так, за последние 80 лет общее потребление пресной воды возросло в 10 раз при увеличении населения в 2,5 раза. При этом доступно только 35 км<sup>3</sup> пресной воды, что составляет 2,5 % от всех источников воды в мире. Вода пресная, годная для хозяйственно-питьевого потребления, составляет 0,1 % в общем балансе запасов воды планеты.

Структура мировых ресурсов пресной воды следующая: снежные и ледниковые покровы (Арктика, Антарктика, Гренландия) – 69 %; грунтовые и подземные воды, доступные для добычи, – 30 %; реки, озера, водохранилища – 0,5 %. Не менее 65–70 % всех выпавших атмосферных осадков возвращается в атмосферу и выпадает вновь. Каждый год восполняется около 2 100–2 500 км<sup>3</sup>. Однако общее количество выпадающих остатков распределяется неравномерно. В процентном соотношении на океаническую и морскую поверхность приходится 79 %, на поверхность суши – 19 %, на реки, озера, водохранилища – 0,5 %.

С учетом размера территорий и их гидрологических характеристик регионы планеты по запасам водных ресурсов существенно различаются (%): Латинская Америка – 30–32; Азия – 25; страны Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) – 20; страны Африки к югу от Сахары и страны бывшего Советского Союза – по 10; страны Ближнего Востока и Северной Америки – по 16.

Наиболее обеспечены водными ресурсами (км<sup>3</sup>): Бразилия – 8 233, Россия – 4 508, США – 3 051, Канада – 2 902, Индонезия – 2 838, Китай – 2 830, Колумбия – 2 132, Перу – 1 913, Индия – 1 880, Конго – 1 283, Венесуэла – 1 233, Бангладеш – 1 211, Мьянма – 1 046.

Значительный дефицит пресной воды испытывают государства, прилегающие к территории Большой Сахары, Северная Африка, центр Австралии, ЮАР, Аравийский полуостров, Центральная Азия, Мексика.

Практически отсутствуют собственные водные ресурсы ( $\text{м}^3/\text{чел.}$ ) у таких государств, как: Кувейт – 11; Египет – 43; Объединенные Арабские Эмираты – 64; Молдавия – 225; Туркмения – 232.

Значение индекса эксплуатации водных ресурсов интерпретируется следующим образом (рис. 18):

- менее 10 % – водный стресс слабый, наличные запасы воды не подвержены серьезному стрессу;
- 10–20 % – водный стресс умеренный;
- 20–40 % – водный стресс средневысокий;
- выше 40 % – острый водный стресс, характеризующийся истощительным водопотреблением.

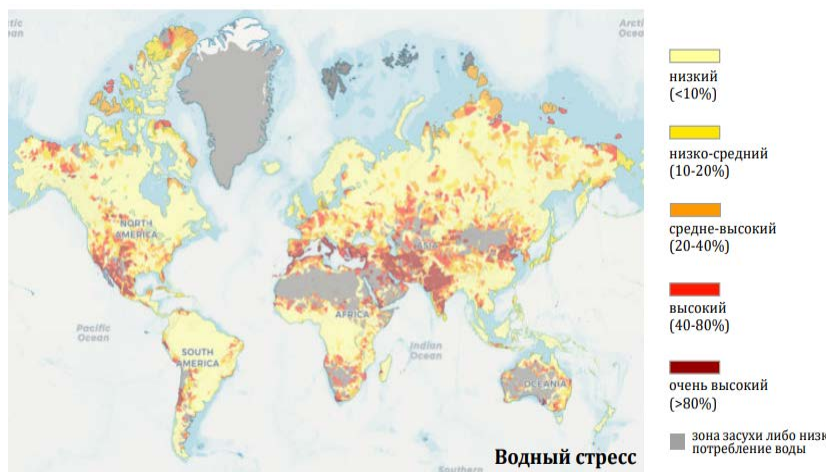


Рис. 18. Дефицит воды, %

Объем воды, который уходит на личное потребление, зависит от региона и уровня жизни в стране. За последние 10 лет он составил от 20 до 500 л в сутки на одного человека. Значительный объем воды также уходит на обеспечение людей продуктами питания. В расчете на одного человека, имеющего традиционный для индустриально развитых стран рацион, ежедневно расходуется 2,5–3 тыс.  $\text{м}^3$  воды. Подобные тенденции приводят к дефициту воды – водному стрессу. Как следствие, стоимость водных ресурсов с каждым годом возрастает. Критическим по нормативам, рассчитанным ЮНЕСКО, считается использование более 10 % годовых запасов пресной воды. Сейчас интен-

сивность использования водных ресурсов ряда стран невосполнимо перешагнула установленные мировым сообществом пороговые значения (%): Египет – 97; Израиль – 84; Германия – 27; США – 19.

### 2.3. Развитие рынка воды

**Урегулирование водного кризиса.** В принятой ООН в 2000 г. Декларации тысячелетия международное сообщество взяло на себя обязательство к 2015 г. наполовину сократить количество людей, лишенных доступа к чистой питьевой воде, и покончить с нерациональным использованием водных ресурсов.

Взаимосвязь между бедностью и водными ресурсами очевидна: число людей, живущих менее чем на 1,25 долл. в день, примерно совпадает с числом тех, кто лишен доступа к безопасной питьевой воде.

Начиная с 2001 г. водные ресурсы – главное приоритетное направление Сектора естественных наук ЮНЕСКО.

Проблема воды – одна из самых острых, хотя и не единственная для развивающихся стран.

**Выгоды инвестирования в водные ресурсы.** *По некоторым оценкам, каждый доллар, вложенный в улучшение водоснабжения и санитарии, приносит доход от 3 до 34 долл.*

Общая сумма убытков, понесенных только в Африке из-за отсутствия доступа к безопасной воде и недостатка в санитарно-технических сооружениях, составляет около 28,4 млрд. долл. в год, или около 5 % ВВП (ВОЗ, 2016).

Обследование стран, входящих в регион Ближнего Востока и Северной Африки (БВСА), показало, что истощение подземных водных ресурсов, как представляется, привело к сокращению ВВП в некоторых странах (в Иордании – на 2,1 %, Йемене – на 1,5 %, Египте – на 1,3 %, Тунисе – на 1,2 %).

**Хранение запасов воды.** Водохранилища обеспечивают надежные источники воды для ирригации, водоснабжения и гидроэнергетики, а также для регулирования наводнений. Для развивающихся стран не является исключением, когда от 70 до 90 % годового стока накапливается в водохранилищах. Однако в странах Африки сохраняется только 4 % возобновляемого стока.

Все страны импортируют и экспортируют воду в виде ее эквивалентов, т. е. в форме сельскохозяйственных и промышленных товаров. Подсчет использованной воды определяется понятием «виртуальная вода».

Теория виртуальной воды в 1993 г. стала началом новой эпохи в определении политики ведения сельского хозяйства и водных ресурсов в регионах, испытывающих дефицит воды, и кампаний, направленных на экономию водных ресурсов.

*Около 80 % потоков виртуальной воды связаны с торговлей сельскохозяйственной продукцией.* Приблизительно 16 % существующих в мире проблем истощения водных запасов и их загрязнения связаны с производством на экспорт. Цены на продаваемые товары редко отражают расходы на использование водных ресурсов в странах-производителях.

Например, Мексика импортирует из США пшеницу, маис и сорго, для производства которых в США потребляется 7,1 Гм<sup>3</sup> воды. Если бы Мексика производила их у себя, на это ушло бы 15,6 Гм<sup>3</sup> воды. Общая экономия воды, получаемая в результате международной торговли виртуальной водой в виде сельскохозяйственных продуктов, эквивалентна 6 % от общего объема воды, используемой в сельском хозяйстве.

**Переработка воды.** Использование городских сточных вод в сельском хозяйстве остается ограниченным, за исключением нескольких стран с весьма бедными водными ресурсами (40 % дренажных вод повторно используется на палестинских территориях сектора Газа, 15 % – в Израиле и 16 % – в Египте).

Обессоливание воды становится все более доступным. Оно используется главным образом для производства питьевой воды (24 %) и удовлетворения нужд промышленности (9 %) в странах, исчерпавших лимиты своих возобновляемых источников воды (Саудовская Аравия, Израиль, Кипр и др.).

Подходы к решению проблемы нехватки воды состоят в следующем:

- выведение сельскохозяйственных культур, устойчивых к засухе и засоленным почвам;
- опреснение воды;
- хранение воды.

В настоящее время существуют политические решения, направленные на сокращение потерь воды, на совершенствование управления водными ресурсами, на сокращение потребностей в них. Во многих странах уже приняты законы по сохранению и эффективному использованию воды, однако, эти реформы еще не дали ощутимых результатов.

## 2.4. Современный потенциал водных ресурсов Беларуси

Прежде чем рассматривать потенциал водных ресурсов Республики Беларусь, необходимо сформировать представление о запасах пресной воды на территориях крупнейших стран мира (рис. 19). На долю Бразилии и России приходится 11,4 тыс. км<sup>3</sup> пресной воды.



Рис. 19. Запасы пресной воды

По обеспеченности водными ресурсами Республика Беларусь находится в сравнительно благоприятных условиях. Имеющиеся ресурсы природных вод вполне достаточны для удовлетворения как современных, так и перспективных потребностей в воде.

Территория Республики Беларусь служит водоразделом бассейнов Балтийского и Черного морей. Примерно 55 % речного стока приходится на реки бассейна Черного моря и 45 % – Балтийского моря.

Показатель обеспеченности водными ресурсами в республике (по среднегодовому общему годовому речному стоку) составляет 6,1 тыс. м<sup>3</sup> воды в год на душу населения и находится на уровне средневропейского значения. Это значительно выше, чем в некоторых сопредельных странах (Польша и Украина).

По фондовым данным, на территории Беларуси насчитывается более 20,0 тыс. водотоков общей протяженностью свыше 90,6 тыс. км и более 10,0 тыс. озер, в которых сосредоточено около 9 км<sup>3</sup> воды.

Наиболее обеспечены водными ресурсами Витебская и Гродненская области, наименее – Гомельская и Брестская.

Из водотоков преимущественно преобладают малые реки и ручьи (около 90 %). Их рассредоточенность по территории делает водные ресурсы доступными для повсеместного использования. Однако речной сток в основном формируют большие и средние реки, вдоль которых сконцентрированы крупные населенные пункты и основные объекты промышленности.

Количество водоемов в большей степени (около 90 %) обусловлено их естественным происхождением (озера). На территории республики создано 86 водохранилищ с площадью поверхности воды от 100 га. Водоохранилища наливного типа сосредоточены преимущественно в южной части республики, а озерного типа – в северной части. Насчитывается более 1 500 прудов, которые используются преимущественно для рыборазведения, а также в рекреационных целях.

Помимо водоемов и водотоков на территории Беларуси также повсеместно распространен еще один вид естественных водных объектов – родники, которые играют немаловажную роль в социальной и духовной жизни населения и являются уникальными природными водными объектами, как с точки зрения их формирования, так и с точки зрения их роли в сохранении ландшафтного и биологического разнообразия, а также возможностей использования в качестве источников нецентрализованного питьевого водоснабжения.

Экологическое состояние поверхностных водных объектов оценивается по результатам мониторинга поверхностных вод, проводимого в составе национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, на 160 поверхностных водных объектах в 297 пунктах наблюдений, организованных вблизи средних и крупных населенных пунктов. По результатам наблюдений за последние 5 лет наблюдается тенденция к улучшению экологического состояния поверхностных водных объектов – в отношении 74,6 % поверхностных водных объектов присвоен хороший и выше экологический статус. Значительную антропогенную нагрузку испытывают 4,6 % поверхностных водных объектов (их участков).

В настоящее время на территории Республики Беларусь разведаны и утверждены промышленные (балансовые) запасы пресных подземных вод в количестве 6,82 млн. м<sup>3</sup>/сут (или 2 489,3 млн. м<sup>3</sup>/год) на 412 месторождениях (их частях) пресных подземных вод. На 408 месторождениях (их частях) запасы пресных подземных вод разведаны и утверждены для хозяйственно-питьевых нужд и на 4 месторождениях

(их частях) – для технических целей. Разведанные и утвержденные запасы подземных минеральных вод составляют около 60 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Качественный состав подземных вод, в том числе минеральных, и их запасы позволяют помимо удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд осуществлять использование таких вод в лечебных (курортных, оздоровительных) целях с применением более 30 видов минеральных вод, а также экспорт путем бутылирования. По территориальной принадлежности пресные подземные воды наиболее интенсивно используются в Гомельской, Могилевской и Минской областях, а минеральные – в Витебской и Минской областях.

Для Беларуси характерна довольно значительная дифференциация водообеспеченности, которая усугубляется неравномерным размещением населения и производства. Реки страны принадлежат к бассейнам двух морей – Черного и Балтийского (рис. 20), соответственно 56 и 44 % площади водосбора.



Рис. 20. Бассейны крупных рек Беларуси



Из общего числа рек и ручьев (20,8 тыс.) суммарной протяженностью 90,6 тыс. км абсолютное большинство водотоков относится к малым равнинным рекам. Статус достаточно крупных рек, длина которых более 500 км, имеют только семь рек – Западная Двина, Неман, Вилия (бассейн Балтийского моря), Днепр, Березина, Сож и Припять (бассейн Черного моря). Основная часть местного стока образуется в бассейнах Днепра с Березиной и Сожем (11,6 км<sup>3</sup> в год) и Немана с Вилией (9,26 км<sup>3</sup> в год). Значительно меньше приходится на бассейны Западной Двины (7,01 км<sup>3</sup> в год) и Припяти (6,97 км<sup>3</sup> в год).

Транзитные воды поступают в Беларусь большей частью по Западной Двине (7,29 км<sup>3</sup> в год) и Припяти (5,74 км<sup>3</sup> в год), остальные транзитные воды (7,67 км<sup>3</sup> в год) распределяются примерно равными долями по Днепру и Сожу. Таким образом, наиболее развитые в хозяйственном отношении и густонаселенные центральные регионы страны (Минская область и город Минск) располагают гораздо меньшими ресурсами поверхностных вод по сравнению с периферийными регионами, которые обладают и транзитным стоком.

Ресурсы поверхностных вод включают также озера и водохранилища. В пределах границы Беларуси насчитывается около 11 тыс. озер. Наиболее богата озерами северная часть страны – Белорусское Поозерье. Многие озера расположены близко одно от другого или соединены одним водотоком и образуют группы – Нарочанскую, Браславскую, Ушачскую и др. Самые крупные озера: Нарочь (площадь зеркала воды составляет 79,6 км<sup>2</sup>), Освейское (52,8 км<sup>2</sup>), Лукомское (37,7 км<sup>2</sup>), Дривяты (36,1 км<sup>2</sup>), Нещердо, Снуды, Свирь. Северные озера отличаются хорошей сохранностью озерных котловин, что позволяет вести их комплексное использование.

Для озер на юге страны характерны черты деградации, они чаще всего имеют низкие заболачиваемые берега, плоские и неглубокие озерные котловины. Особо крупными из них являются: Червоное (40,8 км<sup>2</sup>), Выгонощанское (26,5 км<sup>2</sup>), Черное, Споровское. Мало озер в центральной части страны. Суммарная площадь зеркал всех озер Беларуси составляет почти 2 тыс. км<sup>2</sup>, а общий объем воды, аккумулированной в них, оценивается в 6–7 км<sup>3</sup>.

Неравномерность размещения водных ресурсов и внутри годового распределения стока поверхностных вод в определенной мере компенсируется строительством водохранилищ и прудов. Водоохранилище – искусственный водоем с полным объемом задержанных водных масс более 1 млн. м<sup>3</sup>, созданный с использованием водонапорных со-

оружений в долине реки или понижении местности для накопления и сохранения воды, регулирования стока в соответствии с потребностями различных отраслей народного хозяйства. На территории Беларуси сооружено более 140 водохранилищ различного хозяйственного назначения. Суммарный полный объем воды, которая задерживается водохранилищами, достигает  $3 \text{ км}^3$ , а полезный –  $1,24 \text{ км}^3$ . Общая площадь водного зеркала акватории водохранилищ достигает  $740 \text{ км}^2$ . С созданием водохранилищ озерность Беларуси увеличилась с 0,6 до 1,5 %.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие проблемы проявляются при использовании водных ресурсов?
2. Какие подходы используются при решении проблем использования водных ресурсов?
3. Какова обеспеченность водными источниками Республики Беларусь?
4. Какая отрасль народного хозяйства расходует наибольшее количество воды?
5. Какие меры принимаются для решения проблемы нехватки пресной воды?

## **3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДОЕМОВ. ОЖИДАЕМЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ**

### **3.1. Источники загрязнения вод**

Загрязнение воды является серьезной экологической проблемой и определяется наличием загрязняющих веществ в водных ресурсах. С точки зрения экологической науки загрязняющее вещество представляет опасность для живых организмов, таких как растения и животные. Загрязнители могут быть результатом человеческой деятельности, например побочным продуктом промышленности, или возникать естественным образом, например радиоактивные изотопы, осадки или животные отходы.

Ряд действий людей ведет к загрязнению воды, вредному для водной флоры и фауны, эстетической красоты, отдыха и здоровья людей.

Загрязнение – это отклонение от нормального состояния окружающей среды. В принципе, любой новый для нее компонент играет роль

загрязнителя. Это могут быть физические тела, химические вещества, биологические организмы техногенного или природного характера.

**Основные источники загрязнения** (рис. 21) могут быть сгруппированы в несколько категорий.

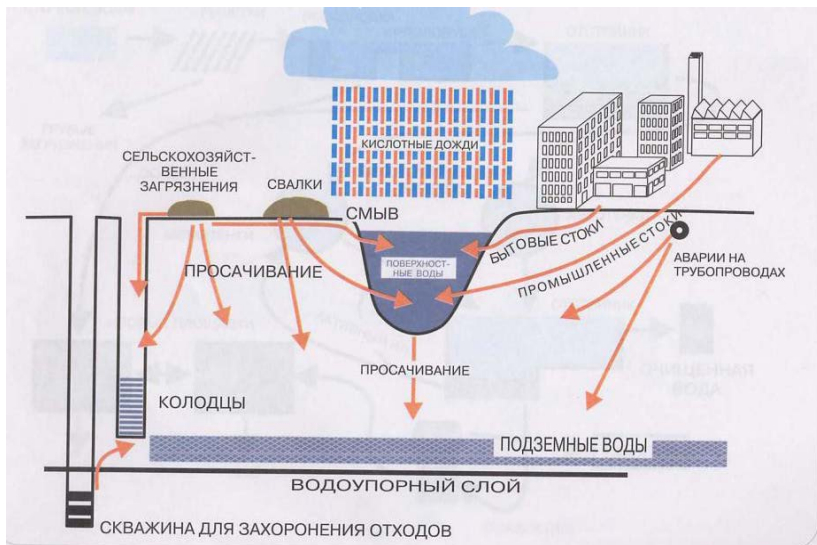


Рис. 21. Основные источники загрязнения водных ресурсов

**1. Землепользование.** Человечество в значительной степени воздействует на землю, включая вырубку лесов, обработку лугов, строительство зданий, прокладывание дорог и др. Землепользование приводит к нарушению круговорота воды в природе во время выпадения осадков и снеготаяния. По мере того как вода стекает по поверхности земли, лишняя растительность, и образуются ручьи, она захватывает все на своем пути, включая вредные вещества. Растительность имеет важное значение, поскольку задерживает органические и минеральные компоненты почвы.

**2. Непроницаемые поверхности.** Большинство искусственных поверхностей не могут поглощать воду, как почва и корни. Крыши, автостоянки и дороги позволяют потоку дождя или растаявшего снега стекать с большой скоростью и объемом, захватывая по пути тяжелые металлы, масла, дорожную соль и другие загрязняющие вещества.

В противном случае загрязняющие вещества поглотились бы почвой и растительностью и естественным образом разрушились. Вместо этого они концентрируются в сточной воде, а затем попадают во многие водоемы.

**3. Сельское хозяйство.** Общие методы ведения сельского хозяйства, такие как воздействие на почву удобрений и пестицидов, и концентрация скота вносят свой вклад в загрязнение воды. Вода, насыщенная фосфором и нитратами, приводит к цветению водорослей и другим проблемам, включая массовый замор рыбы. Неправильное управление сельскохозяйственными угодьями и животноводством также может привести к значительной эрозии почв.

**4. Добыча полезных ископаемых.** Шахтные хвосты – это груды отброшенных камней после того, как ценная часть руды была удалена. Хвосты могут выщелачивать на поверхностные и грунтовые воды большое количество загрязняющих веществ. Побочные продукты иногда хранятся в искусственных водоемах, а отсутствие плотин, удерживающих эти водоемы, может привести к экологической катастрофе.

**5. Промышленность.** Промышленная деятельность является основным источником загрязнения воды. В прошлом жидкие отходы сбрасывались непосредственно в реки или помещались в специальные бочки, которые затем были погребены где-то. Эти бочки со временем начали разрушаться, а вредные вещества просачиваться в почву и затем в подземные воды. Кроме того, случайные разливы загрязняющих веществ происходят довольно часто и влекут за собой негативные последствия для здоровья человека и экосистем.

**6. Энергетический сектор.** Добыча и транспортировка ископаемого топлива, особенно нефти, приводит к разливам, которые могут оказывать продолжительное негативное воздействие на водные ресурсы. Кроме того, угольные электростанции выделяют большое количество диоксида серы и оксидов азота в атмосферу. Когда эти загрязнители растворяются в дождевой воде и поступают в водные пути, они значительно подкисляют реки и озера. Производство электроэнергии с помощью гидроэнергетики приводит к значительно меньшему загрязнению, но все же оказывает некоторое вредное воздействие на водные экосистемы.

**7. Домашняя деятельность.** Есть много действий, которые мы можем предпринимать каждый день для предотвращения загрязнения воды: избегать использования пестицидов, собирать отходы домашних животных, правильно утилизировать бытовую химию и медицинские

препараты, избегать использования пластика, следить за утечками масла в автомобиле, регулярно очищать сливные ямы и др.

**8. Мусор.** В окружающей среде сохраняется много мусора, и, например, пластиковые изделия не подвержены биоразложению, а только разрушаются на вредные микрочастицы. Мы видим только частицы мусора, муть или взвесь – результаты механических загрязнений. Биологические, химические, неорганические примеси без специального анализа не видны. В этом и заключается опасность загрязненной воды.

**Возможные последствия.**

В результате человеческих действий баланс в экосистеме нарушается. Гибель отдельных представителей биосферы – неизбежность.

*Дефицит пресной воды.* С каждым годом человек потребляет все больше водного ресурса. Темпы загрязнения источников водоснабжения также растут.

Ежегодно на протяжении месяца несколько миллиардов людей испытывают трудности от недостатка пресной воды.

Если темпы загрязнения озер и рек не пойдут на спад, через несколько веков люди начнут гибнуть от нехватки воды.

*Эпидемии и болезни.* От перенасыщения водных ресурсов химическими соединениями учащаются случаи серьезных заболеваний сердца, кишечника, печени, почек, опорно-двигательного аппарата, хронических форм заболеваний.

Значительно возросло количество глистных инвазий различной степени тяжести, заражений тифом, холерой, уносящих жизни людей.

Из-за большого количества антибиотиков, попадающих в реки и озера, возникают новые разновидности бактерий, устойчивых к воздействию лекарственных препаратов. Это затрудняет борьбу с заболеваниями.

*Воздействие на живые организмы.* Ухудшение качественного состава воды мешает нормальному существованию представителей флоры и фауны. В организме происходят сбои, которые ведут к проблемам со здоровьем.

*Нарушение строения ДНК.* Опасные вещества накапливаются в водоемах, проникая в живой организм, они способны провоцировать мутации, меняется строение ДНК. У рыб происходит изменение во внешнем виде, возникает деформация внутренних органов.

*Нарушение репродуктивной функции.* Опасность представляют тяжелые металлы (свинец, медь, ртуть, никель, кобальт), которые в

большом количестве содержатся в грязной воде. Они не выводятся из человеческого организма, накапливаясь в нем и негативно влияя на репродуктивные органы человека. Как следствие, вероятность возникновения бесплодия увеличивается.

*Нарушение энергообмена.* Отдельные виды токсинов губительны для мембраны митохондрий. В результате органеллы теряют способность производить энергию из поступающих в организм питательных веществ. Синдром хронической усталости – одно из следствий такого нарушения.

*Нейротоксичное воздействие.* Повышенное содержание токсинов вызывает негативное воздействие на центральную и периферическую нервную систему. Возникает это в результате:

- непосредственного действия на нервную систему;
- воздействия на другие системы и органы, что ведет к поражению нервной системы.

Все химикаты также обладают нейротоксическим воздействием. Попадая с водой в организм, химикаты накапливаются, происходит нарушение координации движений. Память, слух, зрение начинают ухудшаться, теряется тактильная и болевая чувствительность. Не исключены психические расстройства.

Присутствующий в воде свинец может вызвать еще более серьезные отклонения, особенно он опасен для детского организма, так как способен вызвать задержку в умственном развитии.

*Вымирание животных.* Загрязнение водоемов ведет к исчезновению целых видов представителей животного мира:

- нефтесодержащие продукты при воздействии на жировой слой водоплавающих птиц разрушают его, птицы замерзают и гибнут;
- животные и рыбы принимают мусор за корм, проглатывая его, они гибнут;
- повышение температуры воды отрицательно сказывается на жизни водных обитателей, привыкших к более низким температурам;
- обильное цветение опасно для рыб, так как в результате увеличивается рост органических веществ, питающих бактерии. Последние активнее потребляют кислород, что ведет к гибели многих представителей фауны.

*Кислотные дожди.* Находящаяся в атмосферных слоях влага вступает в реакцию с летучими соединениями, оксидами и прочими веществами, образуя кислоту. Поэтому все осадки являются кислотными, но различной степени концентрации вредных соединений (рис. 22).

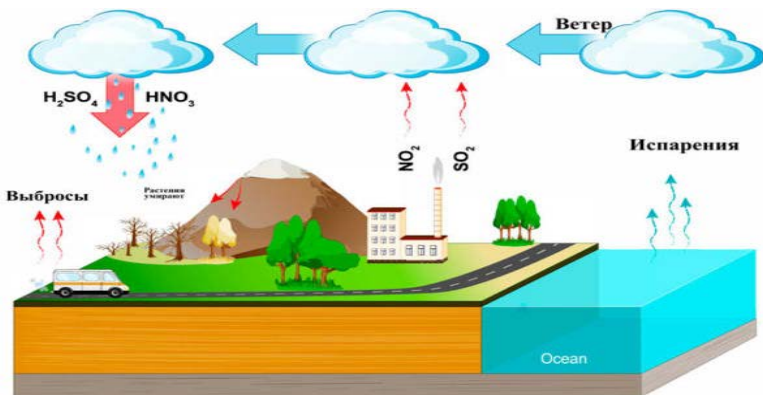


Рис. 22. Процесс формирования кислотного дождя

Треть кислотных дождей имеют природное происхождение. Они вызваны извергающимися вулканами, разложением органических веществ, грозами. В появлении остальных виноват человек. Работающие ТЭЦ, автомобили, производственные цехи регулярно выбрасывают в атмосферу тонны соединений серы и азота. Такой дождь повышает кислотность водоемов, что ведет к гибели мальков, уменьшению корма, ухудшению качества почв.

*Острова мусора.* Пластиковые бутылки, куски рыболовных снастей и мусора ежедневно тоннами попадают в водоемы. Они собираются в острова, которые называют мусорными (рис. 23). В Тихом океане найден один из самых больших таких островов, каждый день течение приносит сюда более 300 т отходов.



Рис. 23. Острова мусора в океане

*Перемещение и загрязнение воды.* Не все инородные вещества имеют твердые агрегатные формы, некоторые из них существуют в других формах:

- жидкая субстанция;
- взвешенные частицы.

Грязь, бактерии, химические соединения попадают в канализацию, а значит, и в водоемы. В пресной воде твердый мусор оседает на дно. Из-за волн, создаваемых ветром или при движении водного транспорта, грязь и мусор всплывают, перемещаясь с водным потоком. Таким образом они перемещаются на значительные расстояния.

Соленая вода плотнее, и мелкие частицы мусора в ней не оседают, а держатся на поверхности, и течение уносит мусор далеко от берега.

#### **Определение степени загрязнения.**

Различные показатели воды позволяют определить уровень ее загрязнения:

- цвет;
- титр кишечной палочки;
- окисляемость;
- прозрачность;
- присутствие тяжелых металлов и других составляющих;
- гидробиологические параметры;
- запах;
- тягучесть;
- уровень кислорода;
- показатель pH;
- патогенная микробиота.

В каждом развитом государстве есть организация, отвечающая за состояние водных ресурсов. В случае отклонения показателей от нормальных, она обязана провести проверку и предпринять действия для изменения ситуации.

### **3.2. Виды загрязнителей воды: химические, биологические, физические, механические, органолептические**

Основных видов загрязнения водных ресурсов два – природное и антропогенное.

Природное (естественное) загрязнение происходит по причине природных явлений и сил: наводнения, оползни, проливные дожди, сейсмическая активность вулканов (подводных и наземных), бури и др.



Антропогенное загрязнение связано с поступлением загрязняющих веществ в гидросферу в результате деятельности человека. Перечислим виды антропогенного загрязнения природных вод (рис. 24).

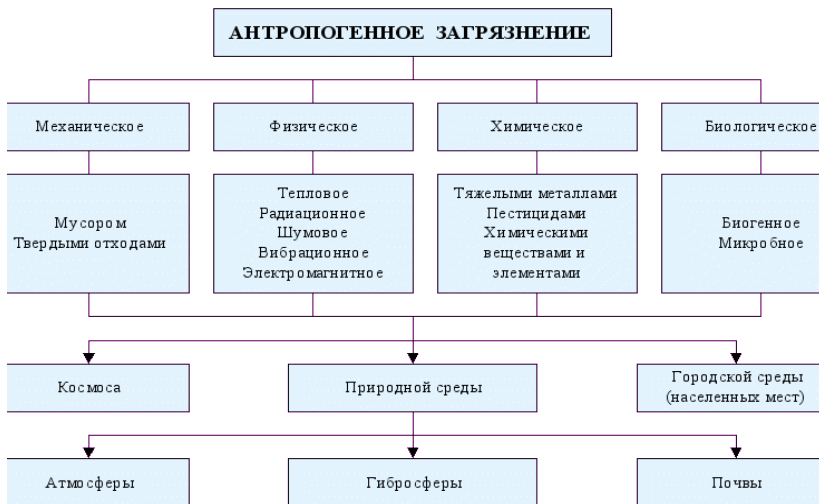


Рис. 24. Антропогенное загрязнение водных ресурсов

**Механическое загрязнение воды.** Механические, или физические, загрязнения происходят природным путем – из-за размывания почвы дождями, паводками, в отдельных районах в результате природных катаклизмов: извержений вулканов, землетрясений, наводнений и цунами, разрушения гор и пр.

Вред от механических загрязнений для природы незначителен. Экосистема в состоянии самостоятельно справиться или подстроиться под произошедшие изменения. Природный баланс восстанавливается естественным путем через 2–3 года.

Большой вред наносит вымывание из почвы химических веществ, таких как алюминий и магний. Они наносят ущерб флоре, рыбам и другим водным представителям фауны.

Но и антропогенная деятельность приводит к механическим загрязнениям (рис. 25). При проведении строительных работ образуется много мелкодисперсного мусора, золы, сажи, пыли. Они смываются водой и загрязняют ее.



Рис. 25. Загрязнение водоема бытовыми отходами

При горении или нагревании газообразные вещества поднимаются в воздух, остывая, оседают в виде копоти и вновь попадают в воду.

Загрязняют воду лесозаготовительные и деревообрабатывающие предприятия, лесосплавы (рис. 26). Топляк, т. е. затонувшие бревна, способны оказать влияние на рельеф дна водоемов, биологическую экосистему.



Рис. 26. Лесосплав при заготовке древесины

Самый массовый вид механических загрязнений нефтью сравним по масштабам с экологической катастрофой. Каждый год 12 млн. т нефти попадают в Мировой океан.

Разливы нефти и нефтепродуктов происходят при транспортировке, в результате аварий на танкерах или нефтепроводах. Возможны утечки нефти и в ее месторождениях из-за разломов земной коры, на буровых станциях.

Нефть тонким слоем разливается по поверхности океана, нефтяное пятно способно распространиться на десятки и даже сотни квадратных километров.

Нефтяная пленка на поверхности воды не пропускает кислород. Обитатели морских глубин обречены на кислородное голодание и гибель. Страдают рыба, водоплавающие птицы, морские млекопитающие. Нефть, попадая на оперение, кожу или мех, лишает животных способности к передвижению, убивая их (рис. 27).



Рис. 27. Нефть в Баренцевом море

Все живое гибнет, в радиусе загрязнения образуется «мертвая зона». К использованию такая вода непригодна.

При механических загрязнениях используют следующие способы очистки воды:

- фильтрация;
- отстаивание;
- флотация.

**Тепловое загрязнение воды.** В настоящее время много тепловой энергии выбрасывается бесконтрольно в окружающую среду. Это тепло электростанций, нагретые промышленной деятельностью предприятий сточные воды (рис. 28).



Рис. 28. Слив теплой воды в реку

Общие теплотери производств колеблются от 30 до 70 %. Большой вклад в формирование парникового эффекта вносят нефтегазовая отрасль и транспорт. Все энергоресурсы: газ, нефть, уголь и их производные – в конечном счете превращаются в тепло.

Выбросы тепла поглощают атмосфера и водоемы. Нарушаются естественный атмосферно-температурный баланс, водные обменные процессы в природе, изменяется климат.

Способность воды выступать охлаждающим агентом имеет для нее негативные последствия. Теплая вода недостаточно насыщена кислородом, от этого страдает водная фауна и флора. Меняются физические характеристики окружающей среды.

Средством для снижения теплового загрязнения выступают альтернативные возобновляемые источники энергии: солнечная, ветряная, гидроэнергетика.

**Химическое загрязнение воды.** В природе нет воды как химического соединения  $H_2O$  в чистом виде. В ней присутствуют минеральные соли и другие примеси, которые занимают до 15 % ее объема.

Из химических элементов в природной воде наиболее часто встречаются: цинк – 25 %; марганец – 25 %; никель – 18 %; медь – 16 %; железо – 6 %; азот – 4 %.

В водопроводной воде обнаружены 80 химических элементов периодической таблицы Менделеева. В загрязненной воде их еще больше, концентрация превышает допустимые нормы, установленные государственными стандартами.

Губительно для живых организмов избыточное содержание ртути, фтора, меди, хлора, мышьяка, свинца и др.

Химическое загрязнение опасно тем, что вредные вещества не разлагаются, а накапливаются в воде, нейтрализовать их практически невозможно. Природе может быть нанесен невосполнимый ущерб (рис. 29).



Рис. 29. Гибель рыб – результат химического загрязнения воды

Кислотные дожди дополнительно вымывают из почвы соли тяжелых металлов и повышают их концентрацию в воде.

Известен вред пестицидов, которые продолжают применять в сельском хозяйстве. Безусловно, без них не получить большой урожай, и ими продолжают пользоваться ради сиюминутной выгоды. Кроме них на полях применяют инсектициды и минеральные удобрения (рис. 30).



Рис. 30. Внесение минеральных удобрений и химзащита растений

На землях сельскохозяйственного назначения загрязнены 90 % воды. Это загрязнители, которые сначала накапливаются в почве, а потом неминуемо попадают в воду и разносятся на обширную территорию, по пищевой цепочке они проникают в организм.

В первую очередь меняется кислотно-щелочной баланс водной системы, повышается концентрация солей. В итоге водная среда становится непригодной для органической жизни.

Избежать вреда можно, только создав надежный заслон химическим загрязняющим веществам. Предприятия, на которых в технологическом процессе используется вода, должны быть оборудованы надежными очистными сооружениями.

**Радиоактивное загрязнение воды.** Радиоактивные элементы не распадаются до миллиардов лет, накапливаются в грунте, воде, биологических организмах.

Наибольшую опасность представляют: уран, радий, стронций и др.

Радиоактивное загрязнение воды происходит несколькими способами:

1) утечка радиоактивных отходов с атомных электростанций, предприятий, использующих радиоактивные вещества, атомных судовых двигателей;

2) как последствия полигонных испытаний атомного оружия в виде радиоактивных осадков или оседания ядерной пыли;

3) чрезвычайные происшествия с выбросом радиоактивных веществ (рис. 31).

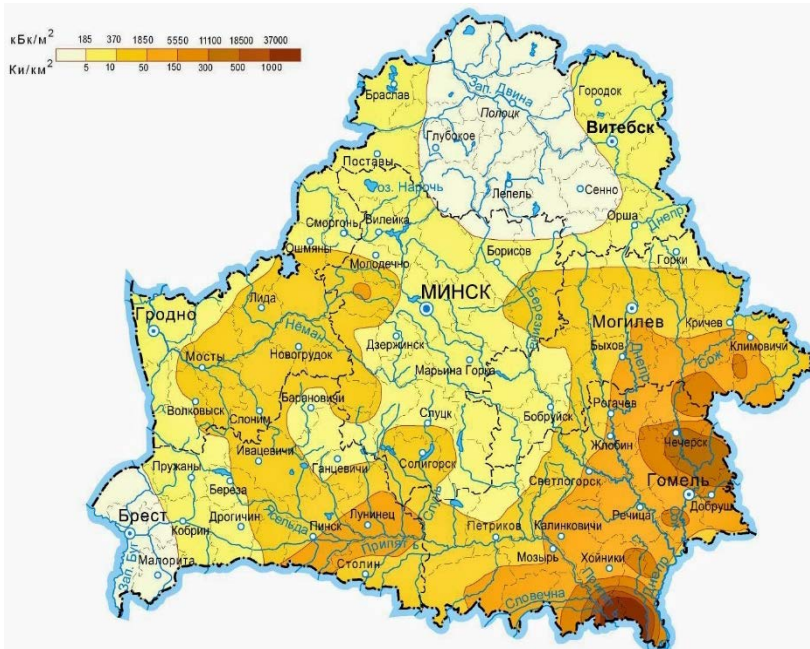


Рис. 31. Карта радиационного загрязнения Беларуси

**Биологическое загрязнение воды.** Биологическое загрязнение – загрязнение вод патогенными микроорганизмами: бактериями, вирусами, простейшими, грибами, мелкими водорослями и др. Бактериальное загрязнение воды при недостаточной ее очистке чревато возникновением очагов кишечных заболеваний. Для стран третьего мира остро стоит проблема эпидемий, передающихся через грязную воду.

Источником биологической опасности может быть не только питьевая вода, но и живые существа, в ней обитающие. Морские продукты, рыба тоже становятся источником заражения. Иногда достаточно намочить руки или продукты в грязной воде, чтобы пострадать от бактериального загрязнения (рис. 32).



Рис. 32. Биологическое загрязнение воды

Микробиологическое загрязнение воды в быту устраняется кипячением. При высоких температурах большинство бактерий погибает. Но даже такая вода не всегда пригодна для питья и хозяйственных нужд.

Любой человек хотя бы раз в жизни сталкивался с кишечными отравлениями и знает, как это неприятно.

Всемирная организация здравоохранения утверждает, что причиной 80 % заболеваний напрямую или косвенно является грязная вода. А по данным статистики, 2 млн. человек умирает ежегодно от некачественной воды.

Промышленно-хозяйственная деятельность человека пагубно сказывается на состоянии воды.

Вопрос загрязнения поверхностных вод вырос до масштабов планеты. Человечество пытается решить проблему разными способами.

Сейчас эту проблему решают при помощи разных методов очищения (рис. 33), но до бесконечности так продолжаться не может, и существующих в настоящее время систем очищения скоро станет недостаточно. Тем более что износ очистных сооружений (рис. 34) достигает 50 %, а темпы их реконструкции не успевают компенсировать устаревание технологий.



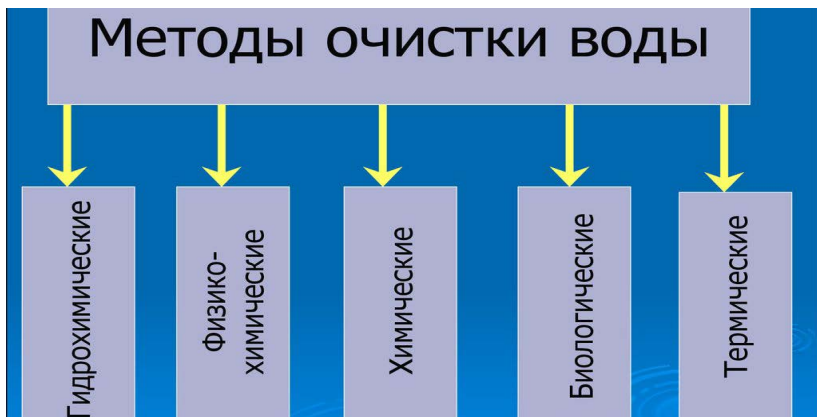


Рис. 33. Современные методы очистки воды



Рис. 34. Современная очистная станция

Загрязнение водной среды опасно для здоровья человека и природной экосистемы. Как отмечалось выше, наш организм на 80 % состоит из воды. Ежедневно мы выпиваем не менее двух литров жидкости, используем воду в личных гигиенических целях.

Стратегическая цель в области сохранения водного потенциала страны состоит в повышении эффективности использования и улучшении качества водных ресурсов, сбалансированных с потребностями об-

щества и возможным изменением климата. Достижение этой цели потребует комплексного подхода к решению организационных, правовых и финансово-экономических проблем водопользования и охраны вод.

На первом этапе для реализации главных направлений природоохранной политики необходимо:

- развитие системы платного водопользования на основе эколого-экономической оценки водных ресурсов;
- совершенствование правовой и нормативной базы водопользования.

Обобщенным показателем эффективности использования водных ресурсов, который позволяет сопоставить объем затраченной воды с результатами хозяйственной деятельности, является водоемкость ВВП. В масштабах экономики страны в целом она может рассчитываться по следующей формуле:

$$W = \frac{R_1 + R_2}{V},$$

где  $W$  – водоемкость валового внутреннего продукта, м<sup>3</sup>/руб.;

$R_1$  – годовое потребление свежей воды, м<sup>3</sup>;

$R_2$  – годовой объем оборотного водоснабжения, м<sup>3</sup>;

$V$  – стоимость годового валового внутреннего продукта, руб.

Главным резервом повышения эффективности использования водных ресурсов (особенно свежей воды) является сокращение потребления в основных водопотребляющих отраслях.

В дальнейшем необходимо продолжить работы:

- по повсеместному внедрению прогрессивных энерго- и ресурсосберегающих технологических процессов, обеспечивающих снижение удельного водопотребления и объема отведения сточных вод, переход на маловодные и безводные технологии производства;
- по оценке влияния стихийных гидрометеорологических явлений и изменения климата на водные ресурсы.

### **Контрольные вопросы**

1. Как классифицируются источники загрязнения водных ресурсов?
2. Как классифицируются виды загрязнения водных ресурсов?
3. Какое загрязнение водоемов является наиболее токсичным?
4. Какие подходы используются при решении проблем загрязнения водных ресурсов?
5. Перечислите методы очистки воды, используемые в настоящее время в мире.

#### 4. ВЛИЯНИЕ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

За последние несколько десятилетий воздействие аквакультуры на окружающую среду стало популярной темой для обсуждения, которая не всегда является позитивной. В частности, до сих пор в СМИ появляются сообщения о многочисленных случаях экологических бедствий различного уровня, связанных с деятельностью лососевых ферм Норвегии и Чили (рис. 35).



Рис. 35. Современное садковое рыбоводство

Стоит заметить, что воздействие аквакультуры на окружающую среду полностью зависит от выращиваемых видов, интенсивности производства и расположения фермы. Кроме того, появились новые стратегии и технологии, которые доказали возможность устойчивого развития аквакультуры без истощения природных ресурсов.

Выращивание большой массы гидробионтов на ограниченной площади влечет за собой локальное увеличение нагрузки на экосистему от дополнительно поступающих органических веществ. При этом степень негативного влияния определяется абиотическими параметрами водоема, которые в обязательном порядке необходимо учитывать при выборе места размещения хозяйства. Особенности батиметрии, циркуляции водных масс, ветро-волновое перемешивание и ледовый режим обуславливают перераспределение вещества и самоочищающую спо-

способность водоема. Температурный режим в течение года, значение солености, гидрохимические показатели определяют пригодность водоема для выращивания того или иного вида в зависимости от его диапазонов оптимумов и требований к качеству воды.

Для Беларуси, где основное количество пресноводной рыбной продукции производится в прудовых рыбоводческих хозяйствах с применением органических, минеральных удобрений и концентрированных кормов, влияние рыбохозяйственной деятельности человека на природные водоемы и водотоки приводит к загрязнению вод водоприемников неутилизированными и экспортированными из пруда остатками кормов и удобрений. Исследования, проведенные сотрудниками Института рыбного хозяйства, подтвердили, что в разные годы основным источником загрязнения водоприемников в период массового сброса вод во время осеннего облова являются минеральные формы азота, образованные бурным развитием микроорганизмов, участвующих в круговороте азота, а также органические и взвешенные вещества.

В прошлом, когда индустрия аквакультуры только начинала развиваться, одним из основных факторов, препятствующих снижению воздействия на окружающую среду, являлась главная цель рыбоводства – повышение продовольственной безопасности.

Товарная аквакультура в настоящее время является самым быстроразвивающимся сектором продовольственной отрасли в мире. Примерно половина всей рыбопродукции производится из индустриально выращенной рыбы. Нет сомнений, что доля такой продукции перспективно будет только расти.

В 1999 г. крупный ураган врезался в окрестности индийского мангрового леса Сундарбан, унеся с собой жизни более 15 000 человек. Проведенные после исследования показали: в местах, где между населенными пунктами и морем сохранилась зеленая прослойка, количество смертей оказалось примерно на две трети ниже, чем там, где мангры были вырублены.

Однако в наши дни уничтожение мангровых лесов под фермы креветок продолжается. Считается, что 30 % всех вырубаемых в мире мангровых уничтожается именно ради нужд аквакультуры. На месте лесов появляются бесконечные мелкие пруды, из которых в значительном объеме в море попадают вредные вещества, антибиотики и болезнетворные микроорганизмы, поражающие популяции диких видов. Отслужившие свое водоемы забрасываются – дешевле выкопать новый пруд, чем очистить старый.

Лекарства и пестициды в креветках опасны и для здоровья человека. Исследование Consumer Reports показало, что из 205 образцов креветок, импортированных из Вьетнама, Таиланда и Бангладеш, 11 были загрязнены остатками антибиотиков. Потенциально это может приводить к появлению новых резистентных штаммов бактерий. Несмотря на разработку новых методов выращивания креветок, индустрия все еще остается губительной для дикой природы.

Данный вектор развития привел к возникновению экологических проблем, связанных с накоплением в воде органических веществ и отходов жизнедеятельности, воздействием рыбоводческих хозяйств на местный рыбный промысел (распространение болезней и «побегов» выращиваемой рыбы), а также ухудшением состояния окружающей среды из-за расположения ферм. На рис. 36 отражено производство всей аквакультуры в видовом разрезе за 2022 г.



Рис. 36. Основные виды рыб, производимые в мировой аквакультуре, %

### **Воздействие садковой аквакультуры на водные ресурсы.**

С точки зрения экономики садковые хозяйства – это наиболее рентабельный вид аквакультуры, но его негативное воздействие на окружающую среду значительно превосходит воздействие всех остальных видов аквакультуры.

Но аквакультура существует не в вакууме, и радужные перспективы продовольственной безопасности несколько омрачаются сообще-

ниями об эксцессах на предприятиях аквакультуры, а также критикой ученых-экологов.

Например, в 2015 г. в Мурманской области местные жители стали обнаруживать свалки мертвой семги, которую в регионе выращивают методом садковой аквакультуры. Выяснилось, что гибель рыбы на рыболовном предприятии спровоцировала вспышка инфекционного заболевания миксобактериоза.

Для интенсивного выращивания гидробионтов в сельском хозяйстве и аквакультуре используются различные химические вещества: антибиотики, пестициды и альгициды для борьбы с возбудителями заболеваний рыб, паразитами и сорными водорослями. В 2013 г. для подавления вспышек лососевой вши норвежским фермерам пришлось высыпать в свои «чистые фьорды» 5 т пестицидов – и это лишь по задокументированным данным.

Регулирующие органы признали факторы отрицательного воздействия садковой аквакультуры, возникающие при недостаточном внимании к охране окружающей среды:

- органическое загрязнение (эвтрофикация) – избыток питательных веществ из пищи и экскрементов рыбы с ферм повышает уровень содержания органических веществ в воде, что негативно отражается на морских экосистемах;
- химическое загрязнение – противопаразитарные препараты, средства для очистки от обрастаний, антибиотики, кормовые красители могут иметь непредсказуемые последствия для морских организмов и здоровья человека;
- генетическое загрязнение – «сбежавший» выращенный лосось может конкурировать с дикими рыбами и скрещиваться с местными дикими стадами, ухудшая генетическое разнообразие лососей;
- инфекционные болезни и паразиты – могут передаваться диким популяциям.

Кроме основных факторов, можно отметить и другие негативные аспекты садковой аквакультуры:

- пространственная конкуренция – под садковые хозяйства могут выделяться наиболее ценные и продуктивные участки морских заливов и губ;
- конфликты с местными хищниками – садки с рыбой привлекают морских птиц, тюленей и других морских млекопитающих, с которыми рыбоводы вынуждены вести борьбу различными методами, вплоть до отстрела;

- использование водных биологических ресурсов в качестве корма – аквакультура зависит от рыбной муки и рыбьего жира, что оказывает дополнительное давление на промыслы в мире. Рыба, пойманная для того, чтобы получить из нее рыбную муку и рыбий жир, в настоящее время составляет одну треть мирового улова.

Таким образом, высокая рентабельность садковой аквакультуры сопряжена с экономическими и экологическими рисками, которые могут аннулировать все ее преимущества.

Для индустрии аквакультуры и для благополучия планеты достигнут значительный прогресс в науке и технологиях рыбоводства, в частности:

- практикуется размещение рыбоводных ферм в районах с сильными течениями для рассеивания генерируемых стоков, а также периодическое изменение расположения рыбоводных хозяйств для предотвращения воздействия на одну конкретную область в большей степени, чем на другие;

- сокращается использование антибиотиков, разработаны безопасные и эффективные прививки, и в настоящее время они широко используются;

- для сокращения «побегов» выращиваемой рыбы с ферм, которые периодически случаются, используются подводные камеры слежения за садками.

Проблема сокращения использования водных биоресурсов для производства кормов также находится в стадии решения. Разработана технология замены рыбной муки сырьем из растительных белков, также используется сырье от перерабатывающих предприятий, получение которого не требует прямого вылова криля, анчоуса и прочей нетоварной рыбы.

Широко развиваются и реализуются наземные объекты аквакультуры, основанные на технологии оборотного водоснабжения, исключаящие риски садковых хозяйств и эмиссию веществ, оказывающих отрицательное влияние на окружающую среду.

Можно отметить положительную динамику аквакультуры и растущий показатель превышения объемов выращиваемой рыбы над объемами добываемой в естественных источниках, что указывает на перспективы дальнейшего развития аквакультуры.

При этом необходимо дальнейшее проведение работ по оптимизации имеющихся и разработкам новых технологий и мер, позволяющих сократить воздействие на окружающую среду и природные ресурсы.

Развитие аквакультуры в данном векторе является фундаментом мировой продовольственной безопасности, а также основой восстановления водных мировых ресурсов.

Несмотря на продолжительное существование аквакультуры как исторически сложившейся продовольственной индустрии, уровень ее развития находится в начальной стадии и имеет многообещающие перспективы в обеспечении продовольственных потребностей населения планеты.

В целях минимизации негативного влияния рыбохозяйственной деятельности на открытые водотоки первостепенной задачей является производство рыбы в рыбоводных хозяйствах республики с учетом экологических требований.

Ученые Института рыбного хозяйства предлагают следующие пути решения экологических проблем в прудовом рыбоводстве республики:

- научно обоснованное применение удобрений в прудах: не допускать внесение удобрений при первых признаках чрезмерного развития фитопланктона (более 80 мг/л) или прозрачности воды менее одной трети глубины пруда;

- использование поликультуры рыб в технологии производства, наиболее полно утилизирующей ресурсы пруда. В зависимости от экономического состояния следует применять ресурсосберегающую, пастбищную и традиционные технологии выращивания прудовой рыбы в поликультуре в соответствии с имеющимися технологическими регламентами. Целесообразно использование комбинированных технологий. Так, в Венгрии для эффективного использования воды и питательных веществ была опробована комбинация интенсивной и экстенсивной систем (ИЭС). Принцип ИЭС включает в себя объединение производственных методов интенсивной и экстенсивной аквакультуры в единую интегрированную систему с целью реутилизации неиспользованных питательных веществ пруда. В обычных прудах размещали садки, которые служили интенсивным модулем, а сами пруды при этом служили экстенсивным модулем. Максимальная реутилизация лишних питательных веществ при дополнительном производстве рыбы в пруде составила: 13 % азота, 17 % фосфора и 9 % органического углерода;

- снижение использования в прудах отдельных дорогостоящих видов минеральных удобрений посредством частичной замены их дешевыми отходами пищевой промышленности (остаточные пивные дрожжи, пивная дробина, спиртовая барда, фекационные осадки от-



ходов сахарного производства), которые полностью утилизируются в прудах;

- разработка интегрированных технологий, при которых рыба выращивается совместно с водоплавающей птицей (утками, гусями) или рыбоводные пруды находятся рядом с животноводческими комплексами, при этом эффективно используются стоки или твердый навоз комплексов. Технологии интегрированного производства с животноводством позволяют получать в водоемах комплексного назначения до 20–24 ц/га рыбы и до 4 ц/га водоплавающей птицы. Система интеграции животноводческого хозяйства с рыбоводными прудами предложена в Польше. Проточная система, построенная на рыбоводных прудах и снабжаемая пресной водой, использует большое количество азота, фосфора и органического вещества. Предложенный модуль основан на системе, состоящей из четырех последовательно соединенных прудов, снабженных пресной водой, осуществляющей транспорт питательных веществ. Единственным искусственным источником питательных веществ и энергии являются жидкий навоз и поступающая вода.

Остановить развитие аквакультуры невозможно, но ее негативное воздействие на окружающую среду должно быть сведено к минимуму.

Стратегия развития аквакультуры в мире должна быть пересмотрена с учетом всех ее негативных аспектов. Аквакультурные хозяйства должны соответствовать международным параметрам экологической безопасности и проходить ежегодную сертификацию. Необходимо принять все возможные меры по максимальному снижению негативного воздействия уже существующих рыбоводческих хозяйств на природу и окружающую среду.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое эвтрофикация?
2. Как классифицируются факторы очищения водоемов?
3. Какой вред природе могут нанести «сбежавшие» из рыбоводного хозяйства рыбы?
4. Назовите преимущества и недостатки садкового рыбоводства.
5. Назовите положительные и отрицательные стороны выращивания рыбы в искусственно созданных условиях.

## 5. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА ВОДОЕМОВ

### Экологические группы гидробионтов.

В толще воды пресных озер выделяют следующие экологические зоны: эпилимнион, металимнион и гипolimнион (рис. 37).



Рис. 37. Основные экологические зоны водоема

Воды поверхностного слоя – эпилимниона (до глубины 5–8 м) летом хорошо прогреваются (20 °С) и интенсивно перемешиваются, в них проникает свет. В этой зоне развиваются водоросли, бактерии, простейшие, коловратки и мелкие рачки (ветвистоусые и веслоногие ракообразные).

Металимнион характеризуется резким перепадом температур, так как представляет собой переходную область между различно нагретыми водами эпи- и гиполимниона.

В гиполимнионе (обычно глубже 14–20 м) воды бедны кислородом, температура летом не превышает 5–10 °С.

Дно озер (бенталь) подразделяется на две зоны: более глубоководную – профундаль, заполненную водами гиполимниона, и прибрежную зону – литораль, обычно простирающуюся до глубины 5–7 м.

В реках по поперечному профилю различают прибрежную зону – рипаль и открытую – медиаль. В открытой зоне скорости течения выше, население количественно беднее, чем в прибрежной.

Относительно высокая плотность воды позволяет постоянно, не опускаясь на дно, существовать в ее толще разнообразным живым организмам (рис. 38). Взвешенные в воде, парящие в ней организмы получили название «планктон» (от греч. *planktos* – блуждающие). Планктон – это совокупность разнородных, в основном мелких организмов, свободно дрейфующих в толще воды и неспособных сопротивляться течению. Но некоторые могут преодолевать расстояния как за счет активного плавания, так и за счет регулирования плавучести своего тела.

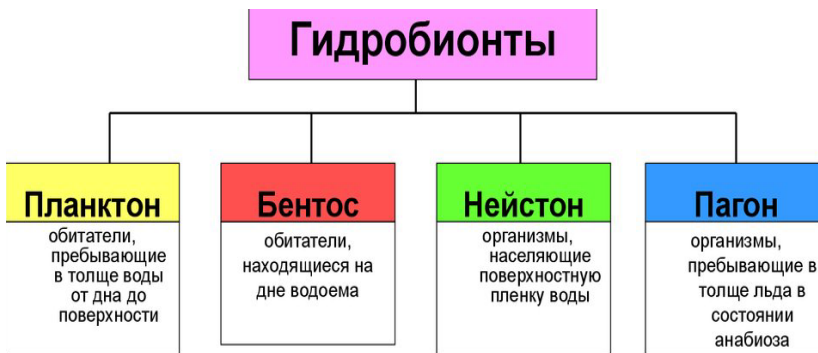


Рис. 38. Основные группы гидробионтов

Планктонными организмами могут быть диатомовые и некоторые другие водоросли (фитопланктон), различные животные (зоопланктон), а также бактерии.

В пресноводном зоопланктоне наиболее многочисленны веслоногие и ветвистоусые рачки и коловратки; в морском преобладают ракообразные, многочисленные простейшие (радиолярии, инфузории), кишечнополостные (медузы, гребневики), крылоногие моллюски, оболочники, икра и личинки рыб, личинки разных беспозвоночных.

Планктонные организмы встречаются на любой глубине, но наиболее богаты ими приповерхностные, хорошо освещенные слои воды. Основная масса фитопланктона встречается на глубинах до 100–150 м.

Планктонные организмы обладают целым рядом адаптаций, препятствующих оседанию на дно или повышающих плавучесть. Это увеличе-

ние относительной поверхности тела за счет уменьшения размеров (диатомовые водоросли), удлинения тела (мелкие планктонные кальмары), развития выростов (веслоногие рачки, солнечники); уменьшение удельной массы тела за счет редукции скелета (брюхоногие моллюски), содержания в теле большого количества воды (медузы, гребневники и др.), накопления в теле пузырьков газа или жировых включений (ночесветка). Часто у планктонных животных наблюдается сразу несколько морфологических адаптаций, помогающих им парить в воде.

Среди гидробионтов можно выделить еще одну группу: нейстон (от греч. *neustos* – плавающий) – совокупность организмов, обитающих у поверхностной пленки воды.

Эпинейстонные организмы могут прикрепляться или передвигаться по водной пленке сверху (эпинейстон) или снизу (гипонейстон).

К эпинейстону относятся такие растения, как ряска, сальвиния и водяной гиацинт, а также такие животные, как кишечнополостные (физалия, или португальский кораблик, велелла), клопы-водомерки, жуки-вертячки и др.

К гипонейстону относятся саргассовые водоросли, моллюски (янтина, глаукус), личинки комаров, икра некоторых видов рыб.

Относительно малая вязкость воды позволяет многим крупным видам животных активно и быстро плавать.

В экологическую группу нектон (от греч. *nektos* – плывущий) входят гидробионты, способные противостоять течению и перемещаться на значительные расстояния. К нектону относятся рыбы, кальмары, китообразные, сирены, морские змеи, вымершие плезиозавры, ихтиозавры и другие полностью водные пресмыкающиеся. Для нектонных животных характерны обтекаемая форма тела и хорошо развитые мускулатура и органы движения. Наибольшие скорости передвижения отмечены у рыб-парусников и марлинов (до 110 км/ч), акул (до 56 км/ч), дельфинов (до 54 км/ч), кальмаров (до 55 км/ч). Рыбы большие скорости развивают, кроме того, за счет сглаженной поверхности тела и выделения специальной слизи, снижающей трение. У барракуд эта слизь снижает трение о воду на 65 %.

Многие нектонные виды животных способны совершать протяженные миграции (китообразные, морские черепахи, рыбы). Среди рыб по типу миграций выделяют две группы: анадромные и катадромные. Анадромные рыбы кормятся в море, а нерестятся в реках (лососевые, осетровые, корюшка). Катадромные кормятся в реках, а нерестятся в море (речной угорь).

Бентос (от греч. *bénthos* – глубина) – это совокупность организмов, обитающих на грунте или в грунте водоемов. Бентос делят на растительный, или фитобентос (к нему относятся водоросли и некоторые цветковые растения), и животный (зообентос).

В зообентосе различают животных, обитающих в толще грунта, – инфауна. Инфауна включает ряд видов многощетинковых червей, двустворчатых моллюсков, иглокожих.

Животные, обитающие на поверхности грунта, носят название «онфауна». В эту группу входят многощетинковые черви, моллюски, большинство иглокожих, различные ракообразные.

Животные из экологической группы эпифауна прикрепляются к субстрату: губки, актинии и различные кораллы, мшанки, морские желуди, некоторые двустворчатые моллюски, в частности устрицы и мидии.

Плавающие вблизи дна и лишь периодически опускающиеся на дно животные (креветки и др.) носят название «нектобентос» (рис. 39).

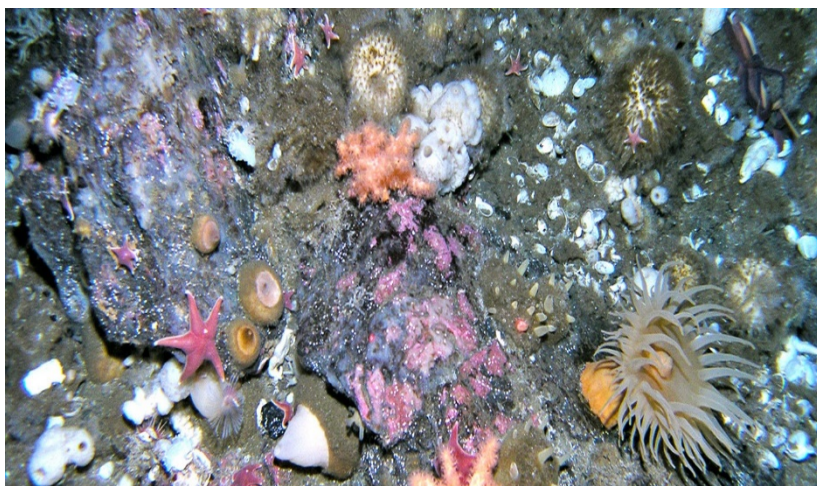


Рис. 39. Представители нектобентоса

У бентосных животных имеется целый ряд специфических адаптаций. Некоторые из приспособлений к бентосному образу жизни заключаются в развитии средств удержания на твердом субстрате и защиты от засыпания оседающей взвесью осадков. Удержание на твердом субстрате достигается различными способами. В частности, при-

сасывание к субстрату наблюдается у моллюсков хитонов, сплошное прорастание характерно для кораллов и губок, прикрепление с помощью ризоидов свойственно водорослям; такие моллюски, как дрейсена и мидия, прикрепляются к субстрату с помощью нитей биссуса.

У некоторых рыб, обитающих на каменистых грунтах, имеются брюшные присоски, с помощью которых они прикрепляются к камням (пинагор, морская уточка). Другая форма удержания на дне – заглубление в субстрат (закапывание или внедрение в твердые породы путем их высверливания). В субстрат закапываются моллюски, черви, некоторые морские ежи. Высверливают субстрат некоторые губки, моллюски, иглокожие.

В качестве защиты от засыпания слоем осадков у животных в процессе эволюции появились структуры, поднимающие тело над грунтом. У морских лилий имеется длинный стебелек, у стеклянных губок – длинные иглообразные выросты на нижнем конце тела.

В пресных водоемах бентос качественно и количественно беднее, чем в морских (рис. 40). Из животных в него входят простейшие, губки, круглые черви, малощетинковые черви, пиявки, моллюски, ракообразные и личинки многих водных насекомых. Фитобентос представлен главным образом водорослями (особенно синезелеными и харовыми) и различными цветковыми растениями (рдесты, роголистник и др.).



Рис. 40. Группы морских живых гидробионтов

Бентос служит пищей для многих рыб. Многие представители разных видов мелководного морского бентоса – объект мирового промысла и аквакультуры.

Хозяйственная деятельность человека оказывает влияние на состояние экологических систем. Человечество имеет свою экологическую систему, которая оказывает влияние на другие экологические системы. На определенных стадиях экологические системы в состоянии сдерживать натиск антропогенного воздействия. Но есть предел, когда экологическая система уже не в состоянии саморегулироваться, что влечет за собой последствия, которые в дальнейшем приводят к опасным экологическим катастрофам.

Своей производственной деятельностью человек оказывает влияние на все основные элементы гидрологического цикла: осадки, испарение, сток, однако степень этого влияния на разные компоненты далеко не одинакова. Следует отметить, что гидрологический цикл является важнейшим процессом в географической среде, зависящим в то же время от изменения ее состояния. Он служит основой единства географической оболочки, играя важнейшую роль во всемирном обмене веществом и энергией.

Наращение дефицита водных ресурсов и прогрессирующее ухудшение их качества объединяются под общим понятием «деградация природных вод».

Среди пресноводных обитателей встречаются такие виды, которые находятся на грани исчезновения. В Красную книгу Республики Беларусь включены 9 видов рыб: стерлядь, атлантический лосось, кумжа, ручьевая форель, европейский хариус, европейская корюшка, голянь озерный, обыкновенный усач, рыбец.

### **Контрольные вопросы**

1. Какую роль играют водные обитатели в народном хозяйстве и природе?
2. Как взаимодействуют гидробионты?
3. Назовите основные экологические зоны водоемов.
4. Как влияет человек на обитателей водоемов?
5. Назовите основные группы гидробионтов.

## 6. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА ВОДОЕМОВ

### 6.1. Особенности водных и прибрежных растений

Растения в водоеме распространены в зоне так называемой литорали, которая располагается по береговой мели и заходит частично на подводный откос. Литораль ограничена дальностью проникновения солнечного света под воду. Ближе к берегу растут растения, укореняющиеся на дне, жесткие листья которых возвышаются над водой: тростник, камыш, озерный хвощ, рогозы.

Дальше по направлению от берега к середине водоема обитают растения с плавающими листьями: кувшинки, кубышки, ряски, а еще далее – погруженные растения: рдесты, элодея, роголистник, которые полностью находятся под водой и на поверхность выставляют только цветы (рис. 41).

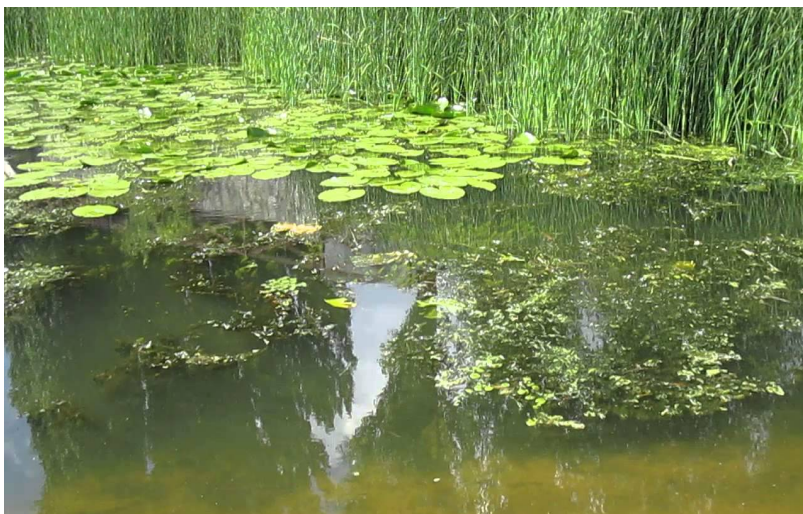


Рис. 41. Растительность пресноводного водоема

Мельчайшие низшие организмы, например синезеленые, зеленые и диатомовые водоросли, образуют бактериальный и растительный планктон, вызывающий в периоды их сильного размножения так называемое цветение водоема. При цветении водорослей вся вода кажется окрашенной в зеленый цвет.



### **Биоэкологические особенности высших водных растений.**

Высшие водные растения – преимущественно травянистые растения, анатомически и морфологически приспособленные к жизни в водной среде и произрастающие главным образом в воде. Синонимом этого понятия часто служит термин «макрофиты». К макрофитам наряду с цветковыми и высшими споровыми сосудистыми растениями часто относят также некоторые водные мохообразные (*Bryophyta*) и харовые (*Charophyta*) водоросли. Согласно предложенной классификации, к истинно водным растениям, т. е. растениям, весь жизненный цикл которых и важнейшие жизненные функции протекают в водной среде, отнесена только группа так называемых гидрофитов, в отличие от гигрофитов – растений влажных и увлажненных местообитаний. Однако в целях расширения спектра перспективных для эксплуатации хозяйственно ценных растений, произрастающих в водоемах и водотоках Беларуси, здесь рассматриваются также некоторые виды околоводных гигрофитов, т. е. растений, обитающих по берегам водоемов и водотоков, но только те из них, которые часто встречаются в указанных местообитаниях и могут быть отнесены к ресурсообразующим.

*Гидрофиты* – настоящие водные растения, полностью или большей своей частью погруженные в воду (рис. 42).



Рис. 42. Пресноводные гидрофиты

Гидрофиты подразделяются:

- на эу гидрофиты – полностью погруженные в воду растения или выносящие на ее поверхность лишь свои генеративные органы (цветки и соцветия);

- плейстогидрофиты – растения с плавающими на поверхности воды листьями, в их числе как укореняющиеся в грунте на дне водоема, так и свободно плавающие на поверхности воды, неукореняющиеся;

- аэрогидрофиты – воздушно-водные, или водно-болотные, растения, часть побегов которых находится в водной среде, а другая часть возвышается над поверхностью воды, образуют своеобразную переходную группу между гидрофитами и гигрофитами.

*Гигрофиты* – растения местообитаний с избыточным увлажнением (рис. 43).



Рис. 43. Пресноводные гигрофиты

Среди гигрофитов выделяются:

- эу гигрофиты – наземные околоводные растения, приспособленные к обитанию в береговой полосе водоемов и водотоков, характерные для низких и средних уровней береговой зоны затопления, встречающиеся в руслах неглубоких рек и ручьев, на сплавинах, сырых прибрежных отмелях, в воде у низких топких берегов до глубины 20–40 см, иногда входя в состав сообществ высокотравных воздушно-водных растений;

- гигрогелофиты – наземные болотные растения, приспособленные к обитанию в сильно переувлажненных и даже обводненных местах, однако нередко имеющие ксероморфное строение;

- гигромезофиты – наземные растения достаточно широкой экологической амплитуды по отношению к воздушному увлажнению, занимающие высокие уровни береговой зоны затопления, сыроватые или влажные отмели и зону заплеска водоемов, но в водной среде встречающиеся редко.

В процессе длительной эволюции все живое приспособилось к условиям окружающей среды и выработало при этом адаптивные механизмы, обеспечивающие нормальное развитие биологической системы в условиях колебаний привычных экологических факторов в пределах нормы развития.

## 6.2. Растительность водоемов, ее значение в природе, жизни животных, рыб и человека

Ученые выделяют 314 видов водных и болотно-водных растений, которые потребляются водными животными, и считают, что их гораздо больше. Зарегистрированные растения принадлежат к трем экологическим группам:

- 1) погруженные в воду;
- 2) плавающие на поверхности воды;
- 3) полупогруженные в воду (рис. 44).



Рис. 44. Расположение пресноводных водных и околоводных растений

В последнюю группу включены не только растения, корневая система которых находится в воде, но и растения сырых и избыточно увлажненных мест.

Установление видового состава кормовых растений дает необходимые данные для выявления качественной стороны исследуемой проблемы, однако их недостаточно для того, чтобы характеризовать значение растений в питании животных. Необходимо знать и количественную сторону этого процесса, выделить растения, широко используемые в питании, и растения, играющие в трофике водных животных более скромную роль. Следует выяснить, какие части растений поедаются, и рассмотреть воздействие животных в процессе питания на структуру растительных сообществ. К сожалению, нет возможности подробно изложить все эти проблемы, поэтому они здесь только обозначены, чтобы студенты, будущие исследователи, обращали на них внимание.

Значение отдельных групп водных растений в питании животных неодинаково. Большое количество видов растений служат основой питания для многих видов водных животных. Вместе с тем выявлена немногочисленная группа растений, включающая и некоторые массовые виды с широким географическим распространением, которые в живом виде включаются в трофический цикл водоемов весьма ограниченно. Между этими крайними группами имеются растения, занимающие промежуточное положение.

В зоне зарослей кроме трофических взаимоотношений между растениями и животными существуют и другие, не менее важные – использование растений в качестве среды обитания, субстрата для откладки яиц, укрытия и строительного материала. Таким образом, растение должно быть многофункциональным, чтобы удовлетворять потребности животных. Ведь личинка, вышедшая из яйца, отложенного на растение, как правило, остается на нем жить и питаться.

С прибрежно-водными растениями связана жизнь многих живых организмов.

Водоросли – одни из древнейших представителей растительного мира. Именно они в доисторические времена обогатили атмосферу кислородом и стали родоначальниками не только всего современного растительного, но и животного мира.

Ученые пришли к выводу, что на Земле и в настоящее время роль водорослей поистине огромна. Поражают цифры, когда речь заходит о водорослях. Так, если в 1 мм<sup>3</sup> воды, по самым скромным подсчетам,

содержатся только три растения, то в  $1 \text{ м}^3$  их около трех миллионов, а сколько их всего в целом водоеме – трудно даже себе представить. При летнем же так называемом цветении воды в  $1 \text{ см}^3$  может содержаться более миллиона клеток синезеленых водорослей, а это значит, что в  $1 \text{ м}^3$  их уже примерно миллиард.

Всего в Мировом океане, по новейшим данным, «урожайность» водорослей на каждом гектаре водной поверхности составляет 1,3–2 т сухого вещества в год. В пресноводных озерах годовая продукция растительного планктона (в сырой массе) может достигать до 30 т.

Морские водоросли – ценный пищевой продукт. В Японии они нашли широкое применение в питании. Например, хорошо известны такие продукты, как морская капуста и ламинария. Морские водоросли в большом количестве перерабатывает промышленность. Из них получают различные органические соединения, минеральные вещества, ценные лекарственные препараты, спирт, уксусную, молочную и другие кислоты, ацетон, эфиры и т. д.

В последние годы большое внимание уделяется изучению пресноводных водорослей. Среди них, например, особое место занимает известная хлорелла. В высушенной хлорелле находится 50–60 % белка, который содержит все незаменимые аминокислоты. По качеству этот белок можно сравнить с белком пивных дрожжей, соевой и арахисовой муки. Он равноценен белку сухого молока. В хлорелле содержится 10–20 % углеводов, значительную часть которых составляет крахмал. При промышленном культивировании с 1 га водной поверхности можно получить до 100 т сухого вещества.

Особенно богаты ценными веществами высшие водные растения, которые содержат азотсодержащие белковые вещества, аминокислоты, алкалоиды, а также крахмал, сахар, жиры, масла, смолу, клетчатку. В их состав входят и такие элементы, как натрий, магний, кальций, железо, калий, алюминий, фосфорная кислота, известь.

Зерновки маниака водяного, например, содержат до 75 % крахмала, 4 % сахара, 9,7 % белка, 0,4 % жиров и 0,2 % крахмала. В молодых стеблях и листьях тростника содержится 6,72 % сырого протеина, в том числе 5,01 % чистого белка, 1,63 % сырого жира, 52,76 % различных безазотистых экстрактивных веществ, много витамина С и других веществ. В корнях этого тростника имеется до 50 % крахмала, около 6 % сахара, 5,2 % белка, 0,9 % жира.

Иными словами, все водные растения, как низшие, так и высшие, располагают комплексом очень ценных веществ, а следовательно, и

ценных качеств. Многие из этих качеств открыты, хорошо изучены, а многие, несомненно, еще будут открыты. И практически все водные растения – и водоросли, и другие водные растения – являются прямо или опосредованно кормом для рыб. Так, водорослями и водными растениями питается большинство гидробионтов, становящихся, в свою очередь, пищей для рыб. Все содержимое кишечника личинок поденки состоит из тканей осоки, роголистника, рдеста, других растений. Ручейники, а их более 40 видов, активно поедают нижние части растений, растениями питаются личинки хирономид, различные ракообразные и другие организмы. Водные растения для многих из них служат не только кормом, но и убежищем и жилищем.

Водорослями и водными растениями питаются многие рыбы на разных стадиях своего развития, начиная от личинок и кончая взрослыми особями. К настоящему времени в литературе описано 47 видов и подвидов рыб, которые питаются или могут питаться водными растениями. Излюбленными растениями, например, белого амура являются такие, как рдест гребенчатый и нитевидный, элодея, роголистник, урудь, ряска малая и трехдольная, лягушатник, а также донные мхи, молодые побеги тростника, рогоза и др.

Для большинства рыб растения – это основной корм. Некоторые рыбы нуждаются в растительном корме, когда являются мальками, а затем переходят на животное питание – личинки, черви и т. п. Какие-то рыбы питаются растениями всю жизнь, но сезонно. Например, красноперка летом питается почти только водорослями, поэтому мясо этой рыбы летом становится горьковатым. Осенью красноперка начинает употреблять в пищу личинки различных насекомых, и горьковатый вкус исчезает (рис. 45).

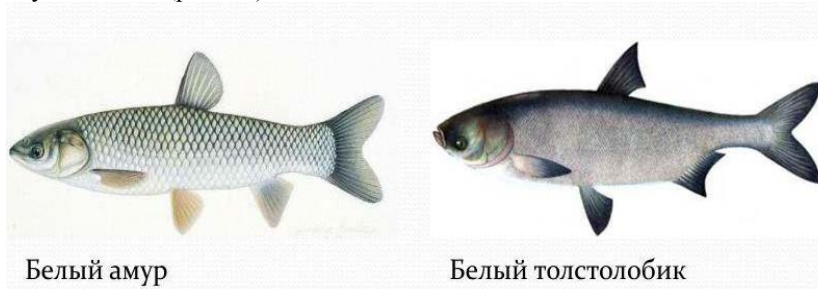


Рис. 45. Травоядные пресноводные рыбы

Толстолобик употребляет в пищу исключительно фитопланктон; амур может есть не только подводную растительность, но и растения, произрастающие на берегу. Амур выпрыгивает из воды и хватает, нависшие над водой ветки ивы, ольхи или пырея. Рыбу привлекают даже несъедобные растения.

Растениями и водорослями питаются карп, лещ, карась, плотва, окунь, голавль, язь и другие рыбы (рис. 46).

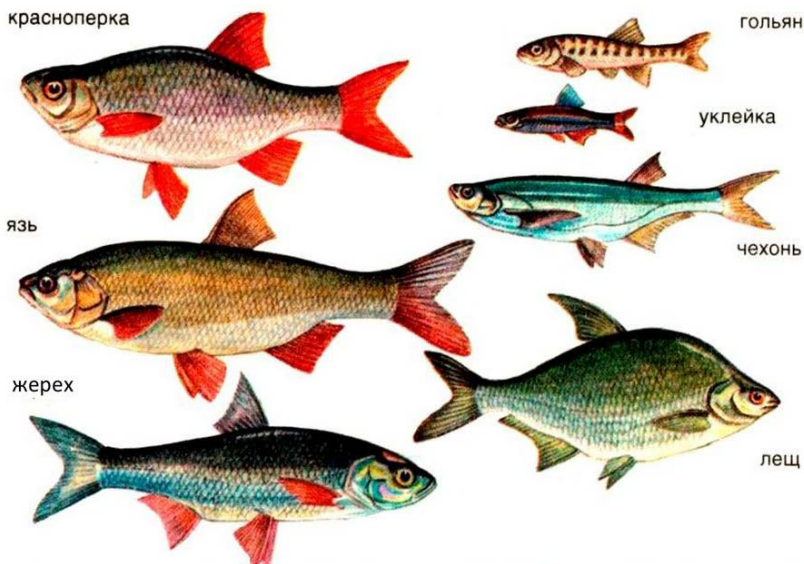


Рис. 46. Всеядные пресноводные рыбы

Заросли тростника, камыша и др. – это подобие пастбищ, где кормятся различные рачки, моллюски, личинки. Чтобы ими полакомиться заплывают в эти места щука, окунь, плотва, судак, лещ, язь, густера, сазан, карп, ерш, карась, елец. Одно из самых привлекательных для любой рыбы растений – это рдест. Как считают ученые, это не случайно: во-первых, в местах его произрастания вода максимально насыщена кислородом; во-вторых, рдест «заселен» различными водными организмами, которые употребляют в пищу рыбы.

Некоторые рыбы предпочитают находиться в зарослях урути. У этого растения нежные листочки, на которых также много различно-

го животного корма. Не проплывут рыбы и мимо молодых побегов рога (другое название – куга).

Многие рыболовы-любители успешно ловят ту или другую рыбу (например, плотву) на водоросли и водные растения. Думается, что более широкое знание водных растений обогатит спортивно-рыболовную практику рыболовов-любителей новыми видами насадок.

Функционально высшие водные растения принимают активное участие в круговороте вещества и энергии в водоемах. Им принадлежит ведущая роль в биотическом круговороте, образовании биологической продукции, процессах самоочищения воды, образовании кормовой базы водных и околородных животных, формировании донных отложений и т. п. Водные растения являются биологическими индикаторами качества вод, степени их загрязнения; некоторые виды отличаются избирательной способностью поглощать из воды биогенные элементы, минеральные и органические вещества, накапливать ионы тяжелых металлов и радионуклиды, выступать в роли минерализаторов и детоксикантов пестицидов и нефтепродуктов. В зарослях водных растений осаждается значительное количество приносимых с поверхностным стоком минеральных и органических взвесей.

Подводная растительность активно участвует в формировании кислородного состава воды. А в результате деятельности бактерий при достаточном содержании в воде кислорода органические вещества довольно быстро разлагаются: углерод и водород переходят в углекислоту и воду, азот белковых соединений – в мочевины и аммиак. В дальнейшем под воздействием нитрифицирующих бактерий создается нитратный азот, хорошо усвояемый зелеными водорослями. Развитие жизненных процессов в прудах создает хорошие условия для синтеза белка в организмах обитателей водоемов.

Биологический круговорот веществ в прудах совершается с помощью большого количества групп и видов водных организмов, начиная с простейших, не видимых невооруженным глазом бактерий и водорослей, и заканчивая такими высокоорганизованными водными животными, как рыбы и раки. Этот круговорот возникает в результате различной продолжительности жизни организмов и способности размножения. Чем быстрее и интенсивнее совершается жизненный процесс в прудах, тем интенсивнее развиваются организмы. Но количество тех или иных солей в воде далеко еще не определяет интенсивность жизненных процессов. Не меньшее значение имеет количество тех или иных минеральных солей, находящихся в почве. Вода выше-



лачивает из почвы минеральные соли, растворяет их, тем самым подготавливая пищу для низших водорослей. Органические вещества почвы используются бактериями и инфузориями для питания.

Минеральные соли и органические вещества почвы имеют большое значение лишь в первые годы после образования водоема, затем по мере его старения это значение теряется. В старых прудах роль почвы в пополнении питательных веществ выполняет прудовой ил, накапливающийся на дне. Органические вещества прудового ила, содержащие белок, под действием микроорганизмов вступают в круговорот и обеспечивают пищей фитопланктон.

Почва ложа пруда и прудовый ил, пока он молод, по мере его накопления являются своеобразной «лабораторией», создающей питательные вещества для развития жизненных процессов в прудах. От интенсивности работы в этой «лаборатории» бактерий, поставляющих в воду азот и фосфор, зависит состояние пруда.

В процессе разложения и минерализации отмерших органических остатков азот в виде альбуминоидных соединений отлагается на дне водоемов. Под действием бактерий альбуминоидный азот превращается в аммиак, образующий в окружающей среде аммиачные соли. Аммиак и его соли превращаются в азотнокислые соли (нитраты) нитрифицирующими бактериями: нитритными и нитратными. Под воздействием нитритных бактерий аммиак превращается в азотистую кислоту, нитратные бактерии окисляют азотистую кислоту в азотную. Азотистая кислота как нестойкий промежуточный продукт минерализации не накапливается в воде в значительных количествах. Конечный же продукт минерализации – соли азотной кислоты и аммиачные соли – снова используются растительными формами для построения живого белка. Часть связанного азота выпадает из круговорота в результате жизнедеятельности денитрифицирующих бактерий, восстанавливающих азот до молекулярного состояния. Азотистые соединения отлагаются в прудовом иле и служат удобрением для подводных и надводных растений. Часть азота, заключенного в живых организмах, потребленных в пищу водными животными, также выпадает из круговорота.

Количество азота в прудах ежегодно пополняется. Он поступает со стоками вод с водосборных площадей в виде минеральных солей и неразложившихся органических остатков.

Значительную роль в пополнении азота играют бактерии-азотфиксаторы, развивающиеся в верхних слоях ила. Эти бактерии

усваивают газообразный азот и образуют из него соли. Общее содержание соединений азота в прудах и естественных водоемах резко колеблется – от десятых долей до 2–3 мг/л. Во многих случаях повышенное содержание общего азота связано с наличием в воде азотной кислоты (нитратов) минерального происхождения. При содержании в воде азота нитратов до 0,5–1 мг/л хорошо развиваются синезеленые водоросли, а при содержании свыше 2 мг/л интенсивно развиваются зеленые, в частности, протококковые водоросли, наиболее желательные в воде прудов.

Косвенным показателем количества органических веществ в воде является ее окисляемость. Степень окисляемости принято определять по количеству кислорода, поглощенного одним литром воды на окисление содержащихся в ней органических веществ.

Низкая окисляемость указывает на бедность воды питательными веществами для развития фитопланктона. Для прудовых хозяйств вода считается хорошей при окисляемости не выше 20 мг  $O_2$ /л. Окисляемость воды в источнике водоснабжения свыше 20 мг  $O_2$ /л свидетельствует о его загрязнении; такая вода малоприспособна для водоснабжения водоема.

Фосфор ( $P_2O_5$ ), определяемый обычно в соединении с кислородом, является важнейшим биогенным веществом. Он потребляется растительными организмами вместе с азотом и входит в состав растительного белка, усваиваемого животными организмами.

В воде фосфор содержится в виде солей фосфорной кислоты и органических соединений. Основным источником пополнения фосфора в прудах является сток воды с удобряемых полей водосборной площади.

Отмирающие клетки растений, оседающие на дно, частично возвращают фосфор в воду по мере минерализации этих остатков, частично он поглощается почвой и илом пруда. Фосфор, усвоенный раками, уносится из водоема и исключается из круговорота.

В большинстве прудов, кроме систематически пополняемых стоками с удобряемых полей, наблюдается дефицит фосфора вследствие того, что он адсорбируется почвой пруда. Кроме того, его соединения концентрируются в придонных слоях и связываются солями закисного железа, а при недостатке кислорода превращаются в нерастворимую форму. Основные биогенные вещества – азот и фосфор – имеют неодинаковое значение в жизни организмов, в состав которых они входят. Азот способствует вегетативному росту растений и животных, а фосфор – и росту, и ускорению процессов разложения растительных

организмов, а также развитию половых продуктов у животных организмов. В обычных незагрязненных источниках содержится до 0,5 мг/л фосфора. Для интенсивного развития зеленых и, в частности, протококковых водорослей достаточно 0,2 мг  $P_2O_5$ /л.

Большое значение для развития жизненных процессов в водоеме имеет сера. Она содержится в воде в виде солей серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) – сульфатов, количество которых зависит от интенсивности разложения органических веществ в пруду, т. е. круговорота биогенных веществ. Присутствие в воде сульфатов способствует образованию сероводорода, но не оказывает непосредственного отрицательного влияния на живые организмы. В большинстве пресных водоемов солей серной кислоты содержится до 20–40 мг/л. В южных районах на засоленных почвах содержание сульфатов в водоемах резко возрастает. Богаты сульфатами ключевые водоемы, если вода их в недрах земли протекает среди пород, богатых гипсом ( $CaSO_4$ ). Много сульфатов в фекально-хозяйственных стоках.

Водная растительность имеет большое хозяйственное значение. Тростник, камыш, рогоз и некоторые другие виды высших водных растений используются для очистки и доочистки вод на биоинженерных сооружениях (рис. 47).



Рис. 47. Доочистка воды на очистных станциях

Высокая поглотительная способность и очистные свойства многих макрофитов используются для эффективного снижения биотической нагрузки на естественные водоемы. Водная растительность имеет большое сырьевое значение и является одним из важнейших источников лекарственных, витаминных, красильных, дубильных, волокнистых, строительных, пищевых, кормовых и других хозяйственно ценных растений.

Из 180 видов высших водных, прибрежно-водных и околководных сосудистых растений, произрастающих в водоемах и водотоках Беларуси, 34 можно отнести к разряду ресурсообразующих, т. е. видам, имеющим высокую природную численность и плотность популяций, часто встречающимся на территории Беларуси, имеющим достаточный эксплуатационный запас сырья и рекомендуемым к промышленному и хозяйственному использованию: аир обыкновенный, белокрыльник болотный, вахта трехлистная, вербейник обыкновенный, вех ядовитый, водокрас обыкновенный, двуклесточник тростниковый, дербенник иволистный, калужница болотная, касатик ложноаировый, кубышка желтая, лютик язычковый, манник большой, многокоренник обыкновенный, мята водяная, мята длиннолистная, наумбургия кистецветная, окопник лекарственный, рогоз узколистный, рогоз широколистный, роголистник темно-зеленый, ряска малая, ряска трехбороздчатая, сердечник горький, стрелолист стрелолистный, сусак зонтичный, схеноплект озерный, телорез алоэвидный, тростник обыкновенный, хвощ речной, частуха подорожниковая, череда поникшая, череда трехраздельная, элодея канадская.

### **6.3. Водные и прибрежные растения, занесенные в Красную книгу Республики Беларусь**

В состав условно выделенной современной аквафлоры Беларуси входит 180 видов высших водных (71 вид), воздушно-водных (46 видов) и околководных (63 вида) растений. В систематическом отношении все они относятся к сосудистым цветковым и споровым растениям и представляют 4 отдела, 5 классов, 32 порядка, 45 семейств и 88 родов. В их числе 16 редких и 21 исчезающий реликтовых видов, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь: альдрованда пузырчатая, болотноцветник щитолистный, водяной орех плавающий (чилиим), гидрилла мутовчатая, каулиния гибкая, каулиния малая, кубышка малая, кувшинка белая, лобелия Дортмана, меч-трава морская, наяда большая, наяда морская, полушник озерный, прибрежница одноцвет-

ковая, сальвиния плавающая, сиелла прямая; а также 27 видов, нуждающихся в профилактической охране: вольфия бескорневая, губастик крапчатый, дудник болотный, дудник лекарственный (дягиль), камыш укореняющийся, крапива киевская, кувшинка чисто-белая, монция ключевая, монция маленькая, норичник теневой, леерсия рисовидная, окопник донской, повойничек мокричный, повойничек согнутосемянный, пузырчатка южная, рдест волосовидный, рдест красноватый, рдест маленький, рдест остролистный, рдест узловатый, ряска горбатая, тростянка овсяницева, турча болотная, хаостник обыкновенный (водяная сосенка), цаникеллия болотная, частуха дуговидная, шильница водная; 4 вида (монция ключевая, монция маленькая, повойничек мокричный, шильница водная) считаются, по-видимому, исчезнувшими; 5 видов (аир обыкновенный, губастик крапчатый, клубнекамыш морской, череда многолистная, элодея канадская) – заносными и натурализовавшимися; 2 вида (цицания водная, цицания широколистная) – культивируемыми дичающими и одичавшими.

Ресурсы водных растений мало изучены и слабо эксплуатируются. Тем не менее, как следует из результатов ресурсного анализа и ресурсной оценки аквафлоры Беларуси, в ее составе 102 технических, 65 пищевых, 171 кормовых, 131 лекарственных, 13 средообразующих, 153 фитомелиоративных, 94 биоцидных, 161 декоративных, 170 индикаторных и 9 этнических видов растений.

В озерном фонде Республики Беларусь имеется 59 озер, являющихся местами произрастания редких и исчезающих охраняемых видов водной флоры, занесенных в Красную книгу. В одном из них – озере Свитязь – произрастают одновременно 5 охраняемых видов, в озере Лосвида – 4, в озерах Дривяты, Сосна, Вредно – по 3, в озерах Белое (Лунинецкий район), Освейское, Езерище, Белое (Сурмино), Глубокое, Нещердо, Белое (Доброплесы), Кривое, Червоное – по 2, в остальных 35 водоемах – по одному охраняемому виду. Из общего числа озер Беларуси, в которых произрастают охраняемые виды, 27 водоемов находятся в пределах охраняемой территории, 32 водоема нуждаются в охране.

Охрана популяций редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь, и основных ресурсообразующих видов является важнейшей природоохранной задачей, направленной на рациональное использование природных ресурсов, сохранение, восстановление биологического разнообразия, генфонда и отдельных экосистем живой природы.

Водные растения, занесенные в Красную Книгу Республики Беларусь:

1. Кувшинка белая.
2. Кубышка малая.
3. Ежеголовник скученный.
4. Наяда морская.
5. Наяда большая.
6. Полушник озерный.
7. Гидрилла мутовчатая.
8. Альдрованда пузырчатая.
9. Лобелия Дортмана.
10. Рогольник плавающий (водяной орех).
11. Каулиния гибкая.
12. Каулиния малая.
13. Меч-трава (осоковое, единичное произрастание).
14. Прибрежница одноцветковая.
15. Сальвиния плавающая.
16. Ежеголовник злаковидный.
17. Болотноцветник щитолистный.

К основным неблагоприятным факторам, воздействующим на популяции редких и исчезающих видов водных растений, относятся природные и антропогенные.

Среди *природных* факторов следует назвать климатические изменения, изменение экологического режима среды обитания, сукцессионные смены фитоценозов, вытеснение исчезающих видов более конкурентоспособными.

*Антропогенные* факторы включают изменение химических и термических условий обитания вследствие загрязнения и эвтрофикации среды; изменение глубины водоемов в результате гидромелиоративных работ; повреждение зарослей водомоторным транспортом и рыболовными сетями; интенсивное использование охраняемых видов в качестве кормовых, пищевых, лекарственных растений; чрезмерные рекреационные (сбор цветущих, лекарственных и других хозяйственно ценных растений) и хозяйственно-эксплуатационные (добыча сапропеля, растительного сырья и т. п.) нагрузки. Стратегия сохранения нуждающихся в охране и рациональном использовании видов должна включать охрану конкретных популяций редких, исчезающих и хозяйственно ценных видов растений, а также среды их обитания. Озера и водохранилища являются средой обитания редких и исчезающих ре-

ликтовых видов растений и животных, которые имеют большую научную и народно-хозяйственную ценность, играют особую роль в функционировании сложных экологических систем водоемов. Особой охране подлежат водоемы, в которых обитают редкие и исчезающие реликтовые виды растений и животных, многие из которых включены в национальную и международные Красные книги. Организация охраны редких и исчезающих видов растений должна осуществляться на популяционном уровне и обеспечивать надежное сохранение местных и локальных популяций и их комплексов. Кроме перечисления и составления законодательно оформленных списков и Красных книг она должна включать охрану реликтовых видов растений и животных, немногочисленных популяций с низкой численностью особей и видов, популяции которых находятся на границах своих ареалов. Уровень флористической изученности водоемов республики в настоящее время остается довольно низким. Необходимо продолжение специальных флористических исследований с целью выявления новых мест произрастания редких и исчезающих реликтовых видов водных, прибрежно-водных и околководных растений.

Основными **методами охраны** конкретных популяций редких, исчезающих, а также хозяйственно ценных видов растений и их комплексов в естественных условиях являются юридические, экологические, биологические, биотехнические, профилактические и агитационно-разъяснительные. Практическая охрана растительных сообществ и популяций отдельных видов должна сочетать в себе как прямые, так и косвенные пассивные и активные формы.

***Прямые активные формы:***

- биотехнические (искусственное размножение, разведение и расселение растений в подходящие биотопы в природной обстановке; огораживание популяций с целью защиты от возможных повреждений дикими или домашними животными);

- ограничение антропогенных нагрузок на популяции редких, исчезающих и хозяйственно ценных растений;

- культивирование охраняемых и хозяйственно ценных растений в природной обстановке (метод полукультур);

- культивирование охраняемых и хозяйственно ценных растений в искусственных условиях (в ботанических садах, питомниках, на опытных участках, в водохранилищах, прудах и других искусственных водоемах);

- репатриация исчезнувших из состава флоры видов путем искусственного заселения их в природные биотопы;
- репатриация исчезнувших видов путем выращивания их в ботанических садах, питомниках, на опытных участках, в водохранилищах, прудах и других искусственных водоемах;
- создание банка семян и семенного фонда редких, исчезающих и хозяйственно ценных видов.

***Прямые пассивные формы:***

- инвентаризация и картирование местонахождений редких и исчезающих видов;
- организация поиска новых местонахождений;
- периодическая ревизия и эколого-биологический контроль за состоянием популяций (фитомониторинг);
- определение численности, продуктивности и эксплуатационных запасов охраняемых и ресурсообразующих видов;
- образование специализированных ботанических, гидрологических, комплексных биологических и ландшафтных заказников (микрозаказников), заповедных урочищ, памятников природы, ботанических и комплексных ресурсно-сырьевых резерватов в местах произрастания особо ценных популяций охраняемых, редких, исчезающих, а также ресурсообразующих и хозяйственно полезных видов и их комплексов;
- заключение охранных договоров и обязательств с конкретными землепользователями.

***Косвенные активные формы:***

- подготовка специальных информационных обзоров для служебного пользования с перечнем известных местонахождений, эколого-географической характеристикой и оценкой состояния популяций видов, нуждающихся в охране.

***Косвенные пассивные формы:***

- пропаганда идей охраны растительного мира и отдельных видов растений среди местного населения.

### **Контрольные вопросы**

1. Какую роль играют водные растения в водоеме?
2. Как взаимодействуют гидробионты и гидрофиты?
3. Как влияет человек на флору водоемов?
4. Назовите две группы факторов, влияющих на сохранение популяций растений.



## 7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОХРАНЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Вода, без сомнения, представляет собой наиважнейший из всех известных человечеству природных ресурсов.

В целях рационального использования водных ресурсов и снижения их загрязнения в Республике Беларусь разрабатываются и реализуются правовые, экономические, организационные и технические направления охраны воды.

Основу охраны и рационального использования водных ресурсов составляет **правовое регулирование**, которое осуществляется в Республике Беларусь в соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь.

Задачей Водного кодекса является регулирование отношений в сфере использования водных ресурсов, рационального водопотребления и охраны вод, сохранения и улучшения состояния водных экосистем.

Кроме этого в кодексе нашли отражение основные направления экономического и организационного механизма рационального использования и охраны водных ресурсов.

Так, согласно Водному кодексу Республики Беларусь к **экономическому регулированию** охраны и рационального использования водных ресурсов относятся:

- планирование и финансирование мероприятий по рациональному использованию и охране вод;
- установление нормативов платы за водопользование и водопотребление;
- установление нормативов платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты;
- предоставление налоговых, кредитных и иных льгот при внедрении мероприятий по охране вод;
- возмещение ущерба, причиненного водным объектам и здоровью людей.

Направления охраны водных ресурсов можно выстроить в следующем порядке:

1. *Правовое регулирование* – Водный кодекс Республики Беларусь.

2. *Организационное регулирование*:

- система государственного учета;
- нормирование качества воды;
- мониторинг водных ресурсов;
- контроль за охраной и состоянием водных ресурсов.

### 3. Экономическое регулирование:

- нормативы платы за водопользование и водопотребление;
- нормативы платы за сбросы загрязняющих веществ в водоемы;
- предоставление налоговых и кредитных льгот;
- возмещение ущерба.

### 4. Техническое регулирование:

- очистка сточных вод;
- планировочные мероприятия.

Немаловажную роль в решении проблем защиты и охраны водных ресурсов играют **организационные направления**, к которым следует отнести нормирование в области использования и охраны вод, применение системы государственного учета водных ресурсов, проведение мониторинга и осуществление контроля.

Во-первых, в целях обеспечения экологической и санитарно-гигиенической безопасности вод применяется нормирование в области использования и охраны вод. К основным нормативам, регулирующим вопросы охраны водных ресурсов, относятся нормативы качества воды, включающие в себя общезначимые, биологические, химические показатели качества и предельно допустимые концентрации веществ в воде водных объектов для различных целей водопользования.

Во-вторых, осуществляется государственный учет водных ресурсов. К системе государственного учета относятся:

- водный кадастр;
- водохозяйственные балансы;
- схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Водный кадастр – это свод систематизированных данных о количестве водных ресурсов, качестве воды, а также об ее использовании.

Водный кадастр республики состоит из кадастра подземных вод, в котором отражаются сведения об эксплуатационных запасах и прогнозных ресурсах подземных вод, пунктах наблюдений за подземными водами, данные наблюдений за режимом подземных вод, и кадастра использования водных ресурсов, включающего сведения о местоположении и основных параметрах водозаборов, сбросов сточных вод, очистных сооружений, об использовании воды без ее изъятия из источника, ежегодные данные о лимитах и фактических заборах и сбросах воды и т. д.

Государственный водный кадастр в Республике Беларусь ведется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Министерством здравоохранения.

Учетную функцию выполняют также водохозяйственные балансы, являющиеся расчетными материалами потребности в воде и наличия на данной территории водных ресурсов. Таким образом, водохозяйственный баланс состоит из двух частей: ресурсной и расходной. Сначала формируется расходная часть, в которой отражаются основные направления потребления водных ресурсов по отраслям народного хозяйства; затем ресурсная часть, учитывающая наличие вод, которые могут быть потреблены (например, естественный сток, поступление из водохранилищ, подземные воды, объем возвратных вод). Заключительным этапом в разработке водохозяйственного баланса является определение ожидаемого резерва или дефицита водных ресурсов.

Составной частью государственного учета водных ресурсов являются схемы комплексного использования и охраны вод, которые представляют собой систематизированные материалы исследований и проектных разработок о состоянии, перспективном использовании и охране водных объектов.

При этом составляются генеральная, бассейновые и территориальные схемы. Генеральная схема комплексного использования и охраны вод определяет направления развития водного хозяйства страны, что позволяет достаточно четко выявить технико-экономическую целесообразность и очередность проведения наиболее крупных водохозяйственных мероприятий. Разрабатываются бассейновые схемы для бассейнов рек и других водных объектов. Территориальные схемы, разрабатываемые на основе генеральной и бассейновой схем, охватывают конкретные административно-территориальные единицы Республики.

В-третьих, проводится мониторинг водных ресурсов. В Республике Беларусь мониторинг водных ресурсов включает в себя мониторинг поверхностных вод, мониторинг подземных вод, мониторинг водохозяйственных систем и сооружений.

Сеть мониторинга поверхностных вод предназначена для отбора проб воды с целью изучения промышленного, хозяйственно-бытового и сельскохозяйственного загрязнения. Оценка качества поверхностных вод проводится с помощью методов биоиндикации и расчета индекса загрязнения вод (ИЗВ). Объектами же наблюдений мониторинга подземных вод являются воды активного водообмена, которые подразделяются на грунтовые и артезианские.

В-четвертых, осуществляется контроль за использованием и охраной водных ресурсов.

При этом выделяют несколько уровней контроля:

- государственный;

- ведомственный;
- общественный;
- производственный.

Кроме вышеуказанных направлений особое значение имеют **организационно-технические мероприятия**, способствующие предотвращению истощения водных ресурсов и улучшению качества поверхностных и подземных вод.

В этом направлении важная роль принадлежит очистке сточных вод.

Кроме очистки сточных вод для поддержания водных объектов применяется ряд планировочных мероприятий.

1. **Организация водоохраных зон.** Такими зонами являются территории, примыкающие к акватории рек, водохранилищ и других поверхностных водных объектов, в пределах которых устанавливается особый режим использования и охраны водных ресурсов (например, запрещается распахивать землю, рубить лес, размещать фермы и т. п.).

Схема территории водоохраной зоны представлена на рис. 48.

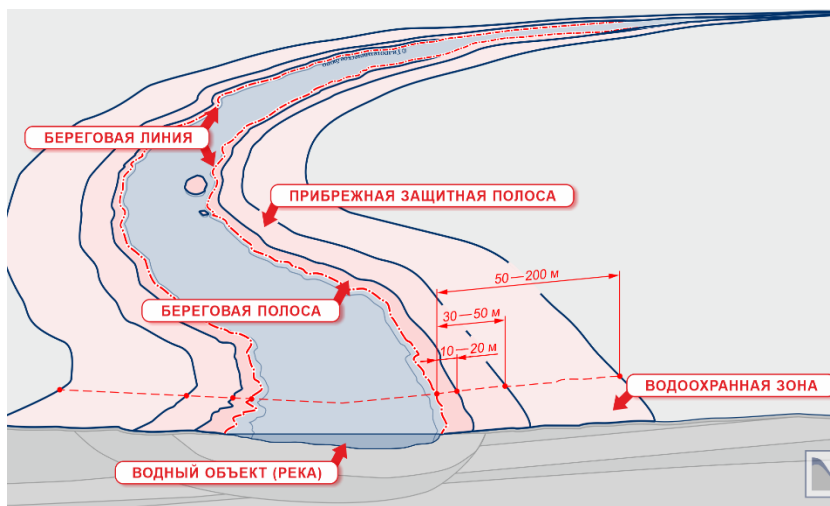


Рис. 48. Зоны территории, примыкающей к акватории рек

2. **Применение лесных насаждений вокруг водоемов и водотоков**, которые предназначены для защиты водных объектов от разрушительных действий ветров и поступающей в них с водосбора воды, а также для уменьшения потерь воды на испарение (рис. 49).



Рис. 49. Лесные насаждения вдоль реки

3. **Установление зон и округов санитарной охраны.** Зоны санитарной охраны (ЗСО) устанавливаются в целях охраны водных объектов, используемых для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также содержащих природные лечебные ресурсы (рис. 50).

- ♦ **ЗСО 1-го пояса** - зона строгого режима. Устанавливается диаметром 60 метров (радиусом 30 м от скважины до ограждения)
- ♦ **ЗСО 2-го пояса по бактериологическому загрязнению.** Определяется расчетным путем, исходя из дебита скважин, мощности известняков.
- ♦ **ЗСО 3-го пояса по химическому загрязнению.** Определяется также расчетным путем, исходя из дебита скважин и мощности водовмещающих известняков.

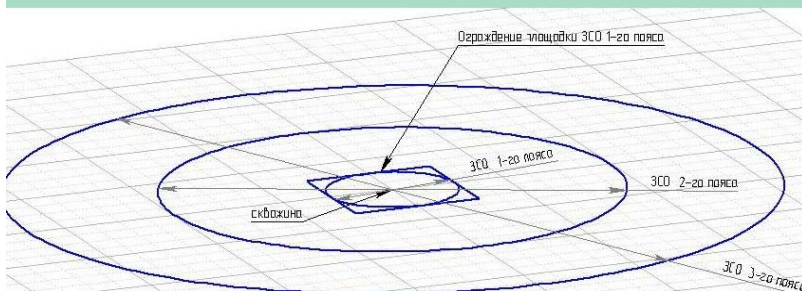


Рис. 50. Зоны санитарной охраны водоисточников

## **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные направления охраны и рационального использования водных ресурсов в Республике Беларусь.
2. Что включает в себя экономическое регулирование охраны водных ресурсов?
3. С помощью чего выполняется учетная функция охраны водных ресурсов?
4. Для чего применяют лесные насаждения вокруг водоемов и водотоков?
5. Перечислите зоны санитарной охраны для водных объектов, которые предназначены для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

## **8. ПРАВОВОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ**

### **8.1. Правовое обеспечение экологической безопасности водных ресурсов**

Проблемы охраны и рационального использования водных ресурсов в Республике Беларусь решаются в значительной степени путем государственного регулирования, в первую очередь через систему прогнозирования и планирования. Основная задача – поддержание водных ресурсов в пригодном для потребителя состоянии и их воспроизводство в целях полного удовлетворения нужд народного хозяйства и населения в воде.

Исходной базой прогнозирования и планирования использования водных ресурсов являются данные водного кадастра и учета расходования вод по системе водохозяйственных балансов, бассейновых (территориальных) схем комплексного использования и охраны вод, а также проекты перераспределения вод между водопотребителями по бассейнам рек.

Водный кадастр – это систематизированный сбор сведений о водных ресурсах и качестве вод, а также о водопользователях и водопотребителях, объемах потребляемых ими вод.

Прогноз использования водных ресурсов основывается на расчете водохозяйственного баланса, который содержит ресурсную и расходную части. Ресурсная (приходная) часть водохозяйственного баланса

учитывает все виды вод, которые могут быть потреблены (естественный сток, поступление из водохранилищ, подземные воды, объем возвратных вод).

В расходной части водохозяйственного баланса определяется потребность в воде по отраслям народного хозяйства с учетом сохранения в реках транзитного стока для обеспечения экологических требований, необходимого санитарно-гигиенического состояния водоемов. Результатом балансового расчета является установление ожидаемого резерва или дефицита стока, объема, характера, а также сроков осуществления мероприятий, необходимых для обеспечения водой народного хозяйства в прогнозируемый период. При этом учитываются показатели, характеризующие сокращение забора свежей воды из поверхностных и подземных водных источников за счет совершенствования и внедрения безводных технологических процессов, развития систем повторно-последовательного использования воды, совершенствования схем водоснабжения и других аналогичных мероприятий.

Прогнозирование водопотребления на перспективный период основывается на расчетах водообеспечения населения, промышленности, сельского хозяйства и других отраслей экономики. Объем водопотребления на хозяйственно-питьевые и коммунальные нужды определяется численностью городского населения и нормами хозяйственно-питьевого водопотребления на одного жителя. Прогнозируется обеспечение всего населения Беларуси питьевой водой нормативного качества в соответствии с физиологическими нормами (не менее 400 л/сут на человека). Потребности промышленности определяются на основе расчета объема производства и норм водопотребления. Для определения потребности в воде отдельных предприятий (объединений), установления лимитов отпуска воды используются индивидуальные нормы и нормативы. В прогнозируемый объем водопотребления на нужды сельскохозяйственного водоснабжения включается потребность в воде сельского населения, животноводства, на хозяйственные нужды сельхозпредприятий и производств по переработке сельскохозяйственного сырья. В долгосрочных прогнозах объемы водопотребления рассчитываются по перспективным нормам, учитывающим совершенствование и внедрение безводных технологических процессов, нового оборудования, развитие оборотных и бессточных систем водоснабжения и другие достижения научно-технического прогресса в использовании природных ресурсов. В современных условиях водохозяйственные балансы основных бассейнов рек являются положительными. Водозабор на

бытовые и хозяйственные цели не превышает в среднем 5–7 % от ежегодно возобновляемых ресурсов. Не ожидается существенного роста потребления воды и в ближайшие 10–15 лет, по прогнозам оно составит 3–4 км<sup>3</sup>. Таким образом, для удовлетворения потребностей в воде собственных водных ресурсов (без учета транзитного стока) в Республике Беларусь вполне достаточно, лишь в засушливые периоды маловодного года возможен дефицит воды в бассейнах рек Припяти, Западного Буга, Днепра.

Рациональное использование водных ресурсов связано с проведением различных организационных и технических мероприятий. Показателями рационального использования воды являются: отношение объема водоотведения к объему полученной свежей воды; кратность использования воды, т. е. отношение валового водопотребления к объему потребления свежей воды; количество предприятий, прекращающих сброс неочищенных и необезвреженных сточных вод, к общему количеству предприятий. Особо важное значение имеют уменьшение абсолютного объема водопотребления за счет сокращения безвозвратных потерь и соблюдение научно обоснованных норм и лимитов водопотребления.

Одним из организационно-технических мероприятий, которые способствуют предотвращению истощения водных ресурсов и улучшению качества поверхностных и подземных вод, является очистка сточных вод.

## **8.2. Правовая охрана водной среды. Водный кодекс Республики Беларусь**

Правовое регулирование охраны вод осуществляется *Водным кодексом Республики Беларусь* (2014) и другими нормативно-правовыми актами. Задачей водного законодательства является регулирование отношений в сфере использования и охраны вод в целях удовлетворения потребностей в водных ресурсах, охраны вод от загрязнения, засорения и истощения, предупреждения и ликвидации вредного воздействия вод, восстановления и улучшения состояния водных объектов.

При размещении, проектировании, строительстве новых и реконструкции существующих предприятий, сооружений и других объектов, а также при внедрении новых технологических процессов должны предусматриваться мероприятия, обеспечивающие рациональное использование вод, учет и контроль количества и качества забираемых и



отводимых вод, охрану вод от загрязнения. Запрещается ввод в эксплуатацию новых и реконструируемых предприятий и других объектов, не обеспеченных приборами учета забора и отведения воды, сооружениями и устройствами, которые предотвращают вредное воздействие на водные объекты.

Водные объекты предоставляются в пользование в целях удовлетворения питьевых, хозяйственно-бытовых, лечебных, курортных, оздоровительных и других потребностей населения, а также для нужд сельского хозяйства, промышленности, энергетики, транспорта, рыбного хозяйства и других видов деятельности. Водные объекты могут предоставляться в пользование для одной или нескольких целей (допускается многоцелевое использование водных объектов).

Водный кодекс Республики Беларусь устанавливает права и обязанности водопользователей. Среди основных обязанностей:

- использование водных объектов в целях, для которых они предоставлены, и сохранение установленных условий водопользования;
- рациональное использование водных ресурсов, проведение необходимых работ по сохранению и улучшению качества вод, восстановлению водных объектов;
- ведение учета количества забираемых и используемых вод;
- осуществление контроля за качеством забираемой воды и отводимых сточных вод;
- поддержание в надлежащем состоянии очистных и других сооружений и устройств, сохранение установленных правил их эксплуатации.

Все воды подлежат охране от загрязнения, засорения и других вредных воздействий, которые могут ухудшить условия водообеспечения, привести к уменьшению рыбных и иных запасов водного промысла, к ухудшению условий существования диких животных, к снижению урожайности земель и другим неблагоприятным явлениям по причине изменения физических, химических и биологических показателей качества вод, снижения их способности к естественному очищению.

Для предотвращения загрязнения водных объектов, а также сохранения среды обитания животного и растительного мира на землях, прилегающих к речным руслам или акваториям водоемов, устанавливаются водоохранные зоны, а в их пределах выделяются прибрежные полосы строго охраняемого режима. В целях охраны водных объектов, которые используются для хозяйственно-питьевого водообеспечения, в местах водозабора устанавливается зона санитарной охраны.

Прибрежные полосы являются природоохранной территорией с режимом ограниченной хозяйственной деятельности. В них запрещаются:

- распашка земель, садоводство и овощеводство;
- выпас скота;
- хранение и использование ядохимикатов и минеральных удобрений;
- размещение садоводческих товариществ, баз отдыха, палаточных городков, стоянок автотранспорта и сельскохозяйственной техники;
- строительство зданий и сооружений, мойка и техническое обслуживание транспортных средств и техники.

В ближайшей перспективе необходимо завершить создание водоохранных зон рек, озер и искусственных водоемов на расстоянии до 500 м от уреза воды на всех малых, средних и крупных водных объектах (в частности, рек длиной более 10 км). Все это должно сопровождаться установлением в защитных зонах жесткого регламента земле- и водопользования, запретом строительства производственных объектов, имеющих выбросы и стоки, благоустройством территории и т. п.

Водный кодекс Республики Беларусь определяет систему контроля за использованием и охраной вод, государственного учета вод, составления водохозяйственных балансов и схем комплексного использования и охраны вод. Государственному учету подлежат все виды вод, которые составляют водный фонд страны, а также их использование для питьевых, хозяйственно-бытовых, лечебных, оздоровительных и других целей. Систематизированные данные о количестве и качестве вод, их использовании содержатся в государственном водном кадастре. Сопоставление потребностей в воде с наличными на данной территории водными ресурсами проводится на основе водохозяйственных балансов, которые представляют собой расчетные материалы и используются для целей планирования и принятия решений по вопросам использования и охраны вод. Этим же целям служат и схемы комплексного использования и охраны вод, среди которых различают генеральную, бассейновые и территориальные. Генеральная схема использования и охраны вод разрабатывается для определения основных направлений развития водного хозяйства страны; бассейновые схемы – для бассейнов рек и других водных объектов на основе генеральной схемы, региональные – для отдельных регионов страны на основе генеральной и бассейновых схем.

### **8.3. Ответственность за нарушение экологического законодательства**

Законодательством Республики Беларусь устанавливается административная, уголовная, гражданско-правовая и иная ответственность за нарушения в области использования и охраны вод. К числу таких нарушений относятся:

- самовольный захват водного объекта и самовольное водопользование;
- реализация проектов без положительного заключения государственной экологической экспертизы;
- загрязнение вод или нарушение режима использования водохранных зон и прибрежных полос водных объектов;
- ввод в эксплуатацию промышленных, коммунальных и других объектов без сооружений и устройств, предупреждающих загрязнение вод;
- заборы воды с превышением установленных лимитов;
- самовольное проведение гидротехнических работ;
- использование водных объектов не по целевому назначению и некоторые другие.

Экономическое регулирование рационального использования и охраны вод включает:

- планирование и финансирование мероприятий по рациональному использованию и охране вод;
- установление лимитов водопользования;
- установление нормативов платы за водопользование и водопотребление;
- установление нормативов платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты;
- предоставление налоговых, кредитных и других льгот при использовании малоотходных и безотходных технологий, проведении других мероприятий, которые дают значительный эффект в области рационального использования и охраны вод;
- покрытие ущерба, нанесенного водным объектам и здоровью людей по причине нарушения требований водного законодательства.

В экономическом механизме, обеспечивающем рациональное использование и охрану водных ресурсов, особое место отводится платности водопользования. Причем внесение платы за воду не освобождает водопользователей от выполнения мероприятий по рацио-

нальному использованию и покрытию ущерба, нанесенного окружающей среде.

При установлении лимитов водопользования и определении прогнозных показателей (объемов водопотребления и водоотведения) целесообразно ориентироваться как на технико-экономические параметры производственных мощностей и фактический объем производства, так и на удельные экологические показатели.

В качестве нормативов по определению объемов водопользования в целом для Беларуси должны выступать следующие:

- водоемкость валового внутреннего продукта (ВВП);
- интенсивность (коэффициент) водоотведения (отношение объема сброса сточных вод к стоимости ВВП);
- интенсивность оборотного и повторно-последовательного водопользования (отношение объема оборотного и повторно-последовательного водопользования воды к стоимости ВВП).

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой экологическое нормирование?
2. Что представляет собой система экологической сертификации?
3. Назовите составные части системы экологического нормирования.
4. Какие структуры проводят мониторинг водных объектов?
5. Какая ответственность устанавливается за причинение экологического ущерба природе?

## ГЛОССАРИЙ

*Абиотические факторы* – факторы неживой природы (космические, геофизические, климатические, пространственные, временные и т. п.), оказывающие прямое или косвенное влияние на живые организмы.

*Автотроф* (от авто- и греч. *trophe* – пища, питание) – организм, способный синтезировать все необходимые ему органические вещества из неорганических, используя в качестве источника энергии свет или определенные неорганические вещества. Главные автотрофы на Земле – зеленые растения.

*Адаптация* (от лат. *adaptatio* – приспособлять) (*экологическая или эволюционная*) – изменение структуры или функции, позволяющее организму лучше приспособиться к окружающей среде, а следовательно, повышающее его способность выживать и размножаться.

*Аккумуляция (обогащение)* – восприятие вредных веществ средой или живыми организмами в концентрации, превышающей их содержание в среде или пище.

*Антропогенные факторы* (от греч. *ánthrōpos* – человек и *genes* – рождающий, рожденный) – факторы, возникающие в результате человеческой деятельности и влияющие на природную среду.

*Антропоэкология (экология человека)* – раздел экологии, изучающий взаимодействие человечества как части биосферы Земли с остальной ее частью, называемой средой.

*Ассимиляционный потенциал природной среды* – способность природной среды обезвреживать, поглощать и перерабатывать определенное количество вредных веществ без изменения своих основных свойств.

*Атмосфера* (от греч. *atmos* – пар и *sphaira* – шар) – воздушная оболочка Земли, связанная с ней силой тяжести и принимающая участие в ее суточном и годовом вращении.

*Атмосферный воздух* – механическая смесь газов со взвешенными каплями воды, частицами льда, пыли и пр.

*Аудит экологический* – объективное заключение об экологическом состоянии проверяемого предприятия. Проводится государственными органами или самим предприятием с участием местной экологической инспекции и общественных организаций.

*Аутоэкология* – экология отдельных особей определенного вида; раздел экологии, который изучает особенности реагирования и взаи-

модействия видов живых организмов с факторами окружающей среды.

*Бактерициды* – группа пестицидов, предназначенных для борьбы с возбудителями бактериальных заболеваний живых организмов. В более широком понимании – химические вещества, убивающие любые виды бактерий.

*Баланс экологических компонентов* – количественное и качественное соотношение основных материально-энергетических составляющих среды (энергии, вод, почв, растительного покрова, животного мира и т. д.), обеспечивающее экологическое равновесие природных систем.

*Безопасность экологическая* – состояние, при котором взаимодействие природного комплекса и человека определяется как устойчивое (гомеостатическое); степень защищенности территориального комплекса, экосистемы, человека от возможного экологического поражения, определяемая величиной экологического риска.

*Биоаккумуляция* – накопление веществ (техногенных загрязнителей) в организмах возрастающих трофических уровней.

*Биоген* (от греч. *bios* – жизнь и *genes* – рождающий, рожденный) – питательное вещество; биогены, биогенные элементы – незаменимые химические элементы, из которых состоит вещество живых организмов – углерод, водород, кислород, азот, сера, фосфор.

*Биогеохимический цикл* – обмен веществом и энергией, осуществляющийся между отдельными структурными частями биосферы и определяющийся жизнедеятельностью живых организмов.

*Биогеоценоз* (от греч. *bios* – жизнь, *geo* – земля и *koinos* – общий) – взаимообусловленный комплекс живых и косных компонентов природной среды, связанных между собой специфическим обменом веществ и энергии.

*Биоиндикатор* (от лат. *indico* – указываю, определяю) – организм, вид или сообщество, по наличию или состоянию которых, а также по поведению (для организмов) судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии загрязнителей и степени загрязненности окружающей среды.

*Биоиндикация* – использование особо чувствительных организмов (биоиндикаторов) для обнаружения загрязнителей или других агентов в окружающей среде.

*Биологическая очистка сточных вод* – метод очистки промышленных и коммунально-бытовых стоков, основанный на способности жи-

вых организмов (преимущественно микроорганизмов) разрушать и минерализовывать содержащиеся в них органические вещества.

*Биологический круговорот* – круговорот веществ на Земле, который обеспечивается жизнедеятельностью организмов. Зеленые растения и автотрофные бактерии (продуценты) производят органическое вещество, его потребляют животные и часть незеленых растений (консументы), а бактерии и грибы (редуценты) превращают органические вещества в минеральные, делая их вновь доступными для зеленых растений.

*Биологическое загрязнение* – проникновение в экосистемы видов, чуждых данным сообществам или обычно там отсутствующих (например, болезнетворных организмов в воды рек). Возникает, как правило, в результате деятельности человека.

*Биологическое разнообразие* – разнообразие организмов, населяющих Землю, и их природных сочетаний.

*Биомасса* – общая масса особей данного вида, группы видов или сообщества в целом, приходящаяся на единицу поверхности или объема местообитания. Выражается в массе сырого или сухого вещества ( $\text{г}/\text{м}^2$ ,  $\text{кг}/\text{га}$ ,  $\text{г}/\text{м}^3$  и т. д.). Биомасса позволяет оценивать продуктивность участков суши или акватории, определять возможность промысла животных и т. д. Различают биомассу растений (фитомассу) и животных (зоомассу).

*Биосфера* (от греч. *bios* – жизнь и *sphaira* – шар) – область активной жизни организмов, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, которые взаимосвязаны сложными биогеохимическими процессами перераспределения энергии и вещества. Понятие биосферы очертил французский биолог Ж. Ламарк, термин ввел австрийский геолог Э. Зюсс, учение о биосфере разработано В. И. Вернадским.

*Биота* – любая пространственная совокупность всех живых организмов безотносительно к категории сообщества (например, биота экосистемы, биота суши, биота океана, биота биосферы).

*Биотические факторы* – факторы среды, обусловленные воздействием ее живых компонентов (водных или почвенных биоценозов). Зависит от обеспеченности теплом и влагой, а также от содержания минеральных питательных веществ в жизненной среде биоценозов.

*Биотоп* (от греч. *topos* – место) – участок среды обитания организмов с более или менее однородными условиями существования, сформировавшийся в результате воздействия биоценоза на экотоп;

участок, на котором развит биогеоценоз (например, пустынные пески, илистое дно пресного водоема и т. д.).

*Биоценоз* (от греч. *bios* – жизнь и *koinos* – общий) – совокупность совместно обитающих растений, животных, микроорганизмов, населяющих однородный участок биосферы и характеризующихся определенными отношениями как между собой, так и с абиотическими факторами среды.

*Биоцикл* (от греч. *bios* – жизнь и *kuklos* – круг) – высшая единица экологического подразделения биосферы: суша, море и внутренние водоемы. Каждый биоцикл подразделяется на биохоры, включающие значительное число биотопов. Например, биотопы песчаных, глинистых и каменистых пустынь объединяются в биохор пустынь, который вместе с биохорами степей, лесов и др. составляет биоцикл суши.

*Валентность экологическая (пределы толерантности)* – характеристика способности вида, популяции существовать в различных условиях среды.

*Вид* – множество организмов, сходных по строению и способных скрещиваться друг с другом и давать потомство. Физические, химические или поведенческие различия препятствуют скрещиванию разных видов.

*Водное хозяйство* – отрасль народного хозяйства, занимающаяся изучением, учетом, планированием и прогнозированием комплексного использования водных ресурсов, охраной поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения, транспортировкой их к месту потребления. Главной задачей водного хозяйства является обеспечение потребителей водой.

*Водные ресурсы* – пригодные для использования в хозяйстве воды рек, озер, каналов, водохранилищ, морей и океанов, подземные воды, почвенная влага, вода (льды) ледников, водяные пары атмосферы; общие водные запасы составляют около 1 454,3 млн. км<sup>3</sup> (из них менее 2 % относится к пресным водам, доступны для использования 0,3 %). При рациональном использовании водные ресурсы непрерывно возобновляются в процессе круговорота воды на Земле. Истощение водных ресурсов в результате потери их качества представляет большую угрозу, чем их количественное истощение (1 м<sup>3</sup> неочищенных сточных вод загрязняет и делает непригодными 40–50 м<sup>3</sup> естественной речной воды).

*Водный кадастр* – систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны. Содержит данные учета вод по количественным и ка-



чественным показателям, их потреблению и использованию. Составляется по регионам и бассейнам.

*Водоохранная зона* – территория с особым режимом хозяйственной деятельности или охраны, преследующим цели предотвращения истощения, загрязнения и засорения водных объектов. Ширина водоохранной зоны рек может составлять от 0,1 до 1,5–2 км<sup>2</sup>, включая пойму реки, террасы и склон коренного берега.

*Водопользование* – использование водных объектов для удовлетворения любых нужд населения и хозяйства, осуществляемое без отбора воды из водоемов.

*Водопотребление* – потребление воды из водных объектов или систем водоснабжения. Различают возвратное водопотребление – с возвратом забранной воды в источник и безвозвратное – с расходом на фильтрацию, испарение и т. д.

*Возобновление природных ресурсов* – самовосстановление ресурсов в результате интенсивного кругооборота веществ (например, возобновление растительного покрова, пресных вод и т. д.). Идет успешно в условиях, когда масштабы и скорость использования природных ресурсов человеком не превышают их способности к естественному воссозданию.

*Воспроизводство природных ресурсов* – искусственное поддержание ресурсов на определенном уровне или их расширенное получение (например, культивация). Одним из наиболее распространенных приемов воспроизводства служат рыборазведение и увеличение продуктивности полей с помощью лесомелиорации.

*Восстановленный вид* – 1) вид растительных или животных организмов, число особей или разнообразие популяций которого достигло уровня, безопасного в отношении угрозы вымирания; 2) генетически относительно устойчивая имитация внешнего облика ранее исчезнувшего вида; возможна лишь при сохранении близкородственных с исчезнувшим видом форм.

*Вторичная растительность* – растительный покров, который возникает на месте первичной естественной растительности, сведенной в результате деятельности человека.

*Вторичные загрязнители* – загрязнители окружающей среды, возникающие в ходе химических преобразований попавших в воду, воздух или почву первичных загрязнителей или образовавшиеся в среде благодаря их наличию.

*Газы парниковые* – газы, попадающие в атмосферу и создающие парниковый эффект: углекислый газ, метан, летучие углеводороды и др.

*Гербициды* – химические вещества для сплошного либо избирательного уничтожения растительности. Преимущественно средне- и малоядовитые для человека и животных, однако некоторые из них представляют серьезную опасность, способны долго сохраняться в почве, аккумулироваться в растительных кормах и животных продуктах, отрицательно влиять на флору и фауну.

*Гетеротрофы* (от греч. *heteros* – иной, другой и *trophe* – пища) – организмы, использующие для питания готовые органические вещества, создаваемые автотрофами. К гетеротрофам относятся животные, большинство бактерий, грибы и др.

*Геоэкология* – отрасль науки, исследующая экологические системы биосферы в теоретических и практических (использование, оптимизация, охрана) целях.

*Гидросфера* (от греч. *hydor* – вода и *sphaira* – шар) – прерывистая водная оболочка Земли, располагающаяся между атмосферой и твердой земной корой (литосферой) и представляющая собой совокупность вод океанов, морей и поверхностных вод суши.

*Гумус (перегной)* – темноокрашенное органическое вещество почвы, образующееся в результате биохимического разложения растительных и животных остатков и накапливающееся в верхнем почвенном горизонте. Является одним из главных источников элементов питания растений.

*Гомеостаз* (от греч. *homoios* – подобный и *stasis* – неподвижность) – способность подвижного равновесия (или устойчивого неравновесия) экосистемы, поддерживаемого сложными приспособительными реакциями входящих в нее живых организмов.

*ДДТ (дихлор-дифенил-трихлорэтан-инсектицид)* – препарат, широко применявшийся во многих странах для борьбы с вредными насекомыми. В природных условиях очень стабилен, накапливается в окружающей среде, жировых тканях и молоке. Повсеместно запрещен в 70-х гг. XX в.

*Деградация* – снижение качества или ценности.

*Демэкология* – экология популяций, в центре внимания которой находятся вопросы динамики численности.

*Депопуляция* – уменьшение общей численности популяции, населения.

*Деструкторы* – организмы, разрушающие органические вещества до простых, вплоть до неорганических соединений.

*Детиоризация* – деградация, снижение биопродуктивности и экологического разнообразия экосистем.

*Дигрессия* – ухудшение состояния экосистем под влиянием различных факторов, чаще всего антропогенных.

*Емкость экосистемы* – максимальный размер популяции одного вида, который данная экосистема способна поддерживать в определенных экологических условиях на протяжении длительного времени.

*Емкость экологическая* – максимальное количество вещества, которое может быть вовлечено экосистемой (или природно-технической системой) в круговорот без нарушения стабильного состояния (гомеостаза) и способности к саморегуляции.

*Загрязнение водной среды* – 1) привнесение в водную среду или возникновение в ней новых, обычно нехарактерных для нее физических, химических или биологических агентов или превышение естественного среднесуточного уровня концентрации перечисленных агентов в среде; 2) увеличение количества физических, химических или биологических агентов сверх недавно наблюдавшейся нормы. По охвату территории различают глобальное, региональное и локальное загрязнение водной среды. Возникает в результате естественных причин и под влиянием деятельности человека.

*Замкнутый цикл водоиспользования* – многократное использование воды в одном и том же производственном процессе, осуществляемое без сбрасывания сточных вод в водные объекты.

*Замор* – явление массовой гибели водных животных, главным образом рыб, в реке или озере вследствие недостатка кислорода в воде водоема.

*Зона санитарно-защитная* – обычно часть территории, обладающая свойствами экологического барьера и пространственно разделяющая источники неблагоприятных экологических воздействий и возможные объекты этих воздействий.

*Зона экологического бедствия* – часть территории, на которой в результате техногенной или природной катастрофы произошли необратимые изменения окружающей среды, повлекшие существенное ухудшение здоровья населения, разрушение естественных экосистем, деградацию флоры и фауны (например, зона аварии на Чернобыльской АЭС, Арал и Приаралье, Кузбасс).

*Императив экологический* – ясное понимание экологических проблем и убежденность в личной ответственности каждого за состояние и будущее биосферы и человечества как ее части. Составной частью экологического императива является признание необходимости устойчивого развития.

*Инжиниринг экологический* – механизм обеспечения оптимального и кратчайшего по времени пути от теоретической постановки задач регулирования экологических процессов до их реального выполнения в виде технических устройств или технологий.

*Инсектициды* – химические вещества, используемые для уничтожения нежелательных в хозяйстве, быту или природных сообществах насекомых. При превышении допустимых концентраций могут выступать в качестве химических загрязнителей среды.

*Институциональные механизмы регулирования природопользования* – система норм, принципов, законов, правил, а также организационных структур, регулирующих процессы природопользования и охраны окружающей природной среды.

*Кадастр* – систематизированный свод данных, количественно и качественно характеризующих определенный вид природных ресурсов или явлений. Содержит, как правило, физико-географическую характеристику, классификацию, сведения о динамике, степени исследованности, формах собственности, эколого-экономическом значении тех или иных объектов или явлений. В Беларуси составлены Водный, Земельный, Лесной, Полезных ископаемых, Торфяной кадастры.

*Канцерогены* – вещества или физические агенты, способные вызвать развитие злокачественных новообразований или способствовать их возникновению.

*Катастрофа экологическая* – неуправляемая ситуация, возникающая вследствие экологического кризиса, приводящая к непредотвратимым тяжелым последствиям вплоть до возникновения на Земле условий, не пригодных для жизни людей.

*Качество среды* – степень соответствия природных условий потребностям живых существ (включая людей).

*Квота* – 1) определенная законодательством или специальными документами норма добычи (отстрела, отлова, сбора) особей популяции хозяйственно-ценного вида живых организмов, удовлетворяющая требованиям его сохранения и рационального использования; 2) разрешенная законом или международным соглашением степень количест-

венного использования определенного природного ресурса либо определенного воздействия на окружающую среду.

*Кислотные осадки* – любые метеосадки (дождь, туман, снег), уровень кислотности которых превышает норму. Кислотные осадки в 10–1 000 раз кислее нормальных (рН 2–4,5); оказывают сильное отрицательное воздействие на экосистемы, впервые отмеченное в середине 50-х гг. XX в.: безрыбные озера, высохшие леса, потеря урожайности сельскохозяйственных растений, аллергические заболевания.

*Консументы* (от лат. *consumo* – использую, съедаю, потребляю) организмы, потребляющие органическое вещество, накопленное продуцентами-автотрофами, и превращающие их в другие органические вещества. К консументам относятся животные, а также сапрофитные и паразитные растения. Консументы являются гетеротрофами.

*Концепция экологического образования* – базовая идея, положенная в основу формирования системы взглядов и процесса обучения экологии.

*Красные книги* – официальные документы неправительственных организаций, содержащие аннотированный и иллюстрированный перечень редких и исчезающих видов живых организмов, подлежащих охране.

*Кризис экологический* – переломный момент, острое состояние в развитии биосферы, характеризующееся дестабилизацией динамического равновесия, вызванной необдуманным стихийным развитием человечества.

*Круговорот вещества* – одна из важнейших особенностей функционирования географической оболочки, обеспечивающая многократность происходящих в ней процессов и их высокую суммарную эффективность (например, круговорот воды, биологический круговорот, круговорот макроэлементов).

*Ксенобиотики* – вещества, чуждые природе, составу и обмену веществ живых организмов.

*Лимитирующий фактор* – фактор, в первую очередь ответственный за ограничение роста и (или) размножения организма или популяции; может быть физическим (например, температура, свет, рельеф), химическим (например, вода, биогены), биологическим (например, конкуренция).

*Лицензия (разрешение) на комплексное природопользование* – документ, удостоверяющий право его владельца на использование в фиксированный промежуток времени природного ресурса (земель, вод,

недр и др.), а также на размещение отходов, выбросы и сбросы загрязняющих веществ.

*Лицензирование природопользования* – система оплачиваемых государственных разрешений на эксплуатацию природных ресурсов.

*Малоотходные технологии* – технологии, применение которых обеспечивает максимально полное использование перерабатываемого сырья и образующихся при этом отходов или безвредный возврат сравнительно небольших количеств последних в окружающую среду; при этом выбросы и сбросы загрязняющих веществ сокращены до минимума.

*Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП)* – международная неправительственная организация; основными направлениями ее деятельности являются издание Красных книг о редких и исчезающих видах организмов, организация заповедников и национальных природных парков, экологическое просвещение и т. п.

*Мелиорация* – система организационно-хозяйственных, технических и других мероприятий, направленных на улучшение природных условий используемых территорий (сельскохозяйственная мелиорация, лесомелиорация, биологическая мелиорация и др.).

*Метатенк* – очистное сооружение (резервуар объемом в несколько тысяч кубических метров) для биологической переработки органического осадка сточных вод (сбраживанием с помощью микроорганизмов при температуре 27–55 °С).

*Механическая очистка сточных вод* – удаление нерастворимых в воде (механических) загрязнителей путем пропускания стоков через решетки и сита, отстаиванием, фильтрованием, флотацией.

*Мониторинг* (от лат. *monitor* – напоминающий, надзирающий) – слежение за какими-либо объектами и явлениями природной среды и предупреждение об их появлении, изменении и создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей, растительных и животных организмов, природных и антропогенных объектов. Направлен на контроль прежде всего антропогенного воздействия на природу.

*Нитраты* (от лат. *nitras*) – соли азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ), необходимый компонент питания растений; широко используются в сельском хозяйстве в качестве удобрения и в пищевой промышленности в качестве добавки. Сами по себе нитраты относительно нетоксичны, однако

в организме человека они могут превращаться в гораздо более токсичные нитриты.

*Нитриты* – соли азотистой кислоты ( $\text{HNO}_2$ ), которые используются в пищевой промышленности для консервирования мяса и рыбы и придания изделиям привлекательного вида. Нитриты предотвращают возникновение опасных бактериальных инфекций (например, ботулизма). Нитриты способны реагировать в организме с аминами, образуя канцерогены. Нитриты отличаются от нитратов тем, что переносят больше кислорода.

*Ниша экологическая* – место вида в экосистеме, определяемое его биотическим потенциалом и совокупностью факторов внешней среды, к которым он приспособлен.

*Ноосфера* – буквально: мыслящая оболочка, сфера разума; согласно В. И. Вернадскому – качественно новая, высшая стадия развития биосферы под контролем разумной деятельности человека.

*Нормативно очищенные сточные воды* – сточные воды, отведение которых после очистки в водные объекты не приводит к нарушению норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.

*Нормирование качества окружающей среды (экологическое нормирование)* – установление показателей (стандартизация) качества природной среды, а также предельно допустимых концентраций, выбросов и физических воздействий на среду, объемов изъятия природных ресурсов или допустимых величин иных форм антропогенного воздействия на природу.

*Оборотное водоснабжение* – повторное многократное использование в производстве отработанных вод (после их очистки, охлаждения и соответствующей очистки целям производства обработки) при очень ограниченном их сбросе (до 3 %) в водоемы.

*Окружающая среда* – среда обитания и производственной деятельности человека, включающая абиотические, биотические и социально-экономические факторы. Разделяется на природную и социальную. В природной среде выделяют естественную и природно-антропогенную среду.

*Охрана природы* – совокупность международных, государственных, региональных и локальных административных, правовых, технологических, естественнонаучных, экономических и общественно-политических мероприятий, направленных на поддержание продуктивности, оздоровительных и других достоинств природной среды.

Как составная часть природопользования тесно связана с рациональным использованием природных ресурсов и преобразованием природы.

*Очистные сооружения* – специальные инженерные конструкции, предназначенные для проведения последовательной очистки сточных вод от загрязнителей до установленных нормативов с учетом местных требований.

*Парниковый эффект* – повышение температуры атмосферы из-за увеличения содержания в ней парниковых газов, приводящего к чрезмерному поглощению воздухом теплового излучения Земли.

*Пестициды (ядохимикаты)* – синтетические вещества, используемые для защиты растений, животных, сельскохозяйственной продукции от угнетающих и повреждающих влияний других организмов – сорняков (гербициды), насекомых (инсектициды), грибов (фунгициды) и др.

*Пирамида экологическая (трофическая)* – графическое изображение количественных соотношений между трофическими уровнями биоценоза – продуцентами, консументами (отдельно каждого уровня) и редуцентами, выраженное в их численности (пирамида чисел), биомассе (пирамида биомасс) или энергии (пирамида энергий).

*Пищевая (трофическая) цепь* – цепь последовательной передачи вещества и эквивалентной ему энергии от одних организмов к другим в процессе питания.

*Платность природопользования* – один из основных принципов охраны окружающей среды, который включает плату за право пользования природными ресурсами, плату за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ, размещение отходов, штрафы за сверхнормативное и нерациональное использование природных ресурсов, выплаты на воспроизводство и охрану природных ресурсов.

*Популяция* – совокупность особей одного биологического вида, населяющих пространство с относительно однородными экологическими условиями, имеющих общий генофонд и возможность воспроизводить себя в поколениях.

*Пороговый уровень* – максимальное количество загрязнителя, лекарства и других факторов, которое переносится организмом без ущерба для него.

*Правовая охрана природной среды* – совокупность правовых средств, содержащих предупредительные, запретительные, восстановительные, карательные меры, закрепленные в нормах права, обеспе-



чивающие сохранение, восстановление и улучшение состояния природных объектов, ресурсов, комплексов.

*Пределы устойчивости* – экстремальные значения фактора (температуры, влаги и т. д.), при выходе за который организм или популяция уже не смогут выжить.

*Пределно допустимая концентрация* – нормативное количество вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

*Пределно допустимый выброс* – научно-технический норматив, устанавливаемый для каждого источника загрязнения атмосферы при условии, что содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха (на высоте 1,5–2,5 м от поверхности земли) от источника или совокупности источников не превышает пределно допустимую концентрацию.

*Пределно допустимый сброс вредных веществ в водный объект* – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

*Природа* – 1) в широком смысле – все сущее, весь мир в многообразии его форм; 2) совокупность естественных условий существования человеческого общества. «Вторая природа» – созданные человеком материальные условия его существования.

*Природная среда* – совокупность абиотических и биотических факторов, естественных и измененных в результате деятельности человеческого общества. Отличается от других составляющих окружающей среды свойством самоподдержания и саморегуляции без корректирующего вмешательства человека.

*Природно-ресурсный потенциал* – совокупность природных ресурсов территории, которые могут быть использованы в хозяйстве с учетом экономической целесообразности и тенденций научно-технического прогресса. Величина природно-ресурсного потенциала территории представляет собой сумму потенциалов отдельных видов природных ресурсов (минерально-сырьевых, лесных, земельных и др.) независимо от характера их использования.

*Природные ресурсы* – часть всей совокупности природных условий существования человечества и важнейшие компоненты окружающей его естественной среды, используемые в процессе общественного про-

изводства для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Главные виды природных ресурсов – водные, земельные, минеральные, климатические ресурсы, растительность, ресурсы животного мира.

*Природные условия* – совокупность объектов, явлений и факторов природной среды, имеющих существенное значение для материально-производственной и непродуцственной деятельности человека, но непосредственно в нее не вовлекаемых (например, климат).

*Природопользование* – совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению. В процессе производства природопользование может быть рациональным и нерациональным. Рациональное природопользование обеспечивает нормальные условия жизнедеятельности человека, предотвращает возможные вредные воздействия на окружающую среду, разумно регулирует освоение ее ресурсов (например, создание охраняемых территорий, строительство очистных сооружений, рекультивация земель, переработка мусора). Нерациональное природопользование ведет к ухудшению природной среды, сопровождается явлениями загрязнения, истощения и деградации природных систем, нарушениями баланса экологических компонентов и разрушением биогеоценозов.

*Прогнозирование природной среды* – заблаговременное научное предсказание устойчивых перемен в структуре, функциях, количественных и качественных показателях окружающей человека природной среды, наступление которых возможно в связи с изменением форм, видов и масштабов прямого либо косвенного воздействия человека на природу.

*Продуценты* (от лат. *producens* – производящий, создающий) (*автотрофы*) – организмы (в основном зеленые растения), использующие световую энергию для синтеза органических соединений из неорганических.

*Продуктивность экосистемы* – скорость образования биологического вещества (биомассы) в единицу времени.

*Радиоактивное загрязнение* – норма физического загрязнения, связанного с превышением естественного радиационного фона и уровня содержания в среде радиоактивных элементов и веществ (в этом случае одновременно может рассматриваться и как химическое загрязнение).

*Радиоактивность* – способность атомных ядер некоторых химических элементов распадаться с испусканием ионизирующего излучения.

*Радионуклиды* – изотопы химических элементов, обладающие радиоактивностью.

*Редуценты* – гетеротрофные организмы (бактерии и грибы), завершающие распад органических соединений до простых неорганических веществ – воды, диоксида углерода, сероводорода и солей.

*Рекреация* – восстановление сил, здоровья, отдых.

*Ресурсосберегающие технологии* – совокупность последовательных технологических операций, которые обеспечивают производство конечной продукции при минимальном использовании топлива и энергии, сырья, материалов, воды для технологических целей и др.

*Рециклинг* – возможно полное возвращение расходных и вспомогательных веществ и материалов в циклических производственных процессах для повторного использования.

*Реципиенты* – в экологическом контексте общее обозначение для объектов техногенных воздействий людей, других живых организмов, экосистем, а также неживых объектов.

*Санитарно-защитная зона* – участок территории между промышленными предприятиями и жилыми или общественными зданиями, выделяемый для защиты населения от вредных факторов производства (шум, выбросы, пыль, вибрация и иные виды загрязнения среды).

*Синэкология* – раздел экологии, исследующий взаимоотношения сообществ живых организмов с окружающей средой.

*Сорбция* – поглощение твердым телом (адсорбция) или жидкостью (абсорбция) вещества из окружающей среды.

*Социосфера* (от лат. *societas* – общество и греч. *sphaira* – шар) – часть географической оболочки, входящая в нее наряду со сферой природного ландшафта; включает в себя человечество с присущими ему общественными отношениями, выступающее в качестве мощной производительной силы, и освоенную среду.

*Страхование экологическое* – страхование экономической ответственности предприятий повышенного экологического риска за причинение экономического ущерба другим лицам в связи с аварийным загрязнением среды.

*Стресс* (от англ. *stress* – давление, напряжение) – состояние физиологического напряжения организма, совокупность реакций, возникающих в ответ на внешние воздействия, нарушающие гомеостаз.

*Тепловое загрязнение* – форма физического загрязнения среды, характеризующаяся периодическим или длительным повышением ее температуры выше естественного уровня.

*Техногенез* (от греч. *techné* – искусство, ремесло, мастерство и *genesis* – происхождение, рождение) – происхождение и изменение ландшафтов под влиянием прямо или косвенно действующих техногенных факторов: горных разработок, промышленных, энергетических или сельскохозяйственных предприятий, гидротехнических сооружений, хозяйственного использования лесных массивов и т. п.

*Техносфера* – часть биосферы, коренным образом преобразованная человеком в технические объекты (здания, дороги, механизмы).

*Токсиканты* – химические вещества, ядовитые для живых организмов. К числу токсикантов относятся многие поступающие в природную среду загрязнители, пестициды.

*Толерантность* (от лат. *tolerantia* – терпение, терпеливость, способность переносить) – выносливость вида по отношению к колебаниям какого-либо экологического фактора, причем диапазон между экологическим минимумом и максимумом фактора составляет предел толерантности.

*Трансграничное загрязнение* – загрязнение среды, охватывающее территорию нескольких государств или целые континенты и формирующееся за счет трансграничного переноса загрязнителей.

*Трансграничный перенос* – распространение загрязнителей с воздушными потоками на большие расстояния – за пределы границ государств, на территории которых источники загрязнения находятся.

*Трофический уровень* – совокупность организмов, занимающих определенное положение в общей цепи питания.

*Тяжелые металлы* – ртуть, свинец, цинк и другие металлы с большой атомной массой, антропогенное рассеивание которых в природной среде является опасной формой ее химического загрязнения и способно приводить к угрозе отравления или отравлению живого.

*Устойчивость экосистемы* – способность экосистемы и ее отдельных частей противостоять колебаниям внешних факторов и сохранять свою структуру и функциональные особенности.

*Утилизация отходов и выбросов* – использование производственных отходов и выбросов в народном хозяйстве.

*Ущерб от загрязнения среды* – фактические или возможные убытки народного хозяйства, связанные с загрязнением окружающей среды, включая прямые и косвенные воздействия, а также дополнительные затраты на ликвидацию отрицательных последствий загрязнения, а также потери, связанные с ухудшением здоровья населения, сокращением деятельности трудового периода и жизни людей.

*Фауна* (от лат. *Fauna* – богиня лесов и полей, покровительница животных в римской мифологии) – исторически сложившаяся совокупность видов животных, свойственных какой-либо местности или какой-либо геологической эпохе.

*Фенол* – ароматический спирт, исходный продукт для производства синтетических смол и других химикатов; применяют в качестве дезинфицирующего средства в медицине; вызывает раздражение слизистых оболочек, ожог кожи, оказывает вредное действие на наследственность. Является сильным ядом для водоемов.

*Фитоценоз* (от греч. *phyton* – растение и *koinos* – общий) – исторически сложившаяся на однородной территории совокупность растений, занимающая определенный биотоп и входящая в состав определенного биоценоза.

*Флора* (от лат. *Flora* – богиня цветов и весны в римской мифологии) – совокупность видов растений (или иных систематических таксонов), свойственных какой-либо местности, стране или определенному отрезку геологического времени.

*Фотосинтез* (от греч. *phos*, род. падеж *photos* – свет и *synthesis* – соединение, составление) – превращение зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами лучистой энергии Солнца в энергию химических связей органического вещества. Происходит с участием поглощающих свет пигментов (хлорофилл и др.).

*Цветение воды* – массовое развитие фитопланктона, сопровождающееся изменением окраски воды, от зеленой и желто-бурой до красной. Ухудшает кислородный режим водоемов, вызывает заморы рыб и других водных животных. Вызывается неблагоприятными изменениями водного режима водоемов (застой воды, снижение проточности, интенсивное загрязнение органическими веществами, детергентами, засорение и др.).

*Шумовое загрязнение* – форма физического загрязнения среды, характеризующаяся повышением уровня естественного шумового фона. Основные источники – технические устройства, установки, транспорт, бытовая техника и т. п.

*Эвтрофикация (эвтрофирование)* – повышение биопродуктивности водоемов в результате накопления в воде биогенных элементов под воздействием природных и главным образом антропогенных факторов.

*Эдафические факторы* – вся совокупность физических и химических свойств почв, способных оказывать экологическое воздействие на живые организмы.

*Экологизация науки* – процесс проникновения идей и проблем экологии в другие области знания, в систему современных естественных, технических и гуманитарных дисциплин.

*Экологизация технологий, экологизация производства* – перестройка или разработка и внедрение в производство технологий, которые, обеспечивая максимальные объемы получения высококачественной продукции, позволяют одновременно сохранять экологическое равновесие в окружающей среде, предотвращать ее загрязнение и другие неблагоприятные для человека и живой природы изменения.

*Экологическая катастрофа* – крайне неблагоприятное изменение природной среды на обширной территории, возникшее в результате действия решительных естественных или антропогенных сил и сопровождающееся большим экологическим ущербом – массовой гибелью живых организмов, разрушением экологических систем и деградацией природных территориальных комплексов.

*Экологическая политика* – политика, направленная на охрану и оздоровление окружающей природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов. Экологическая политика – составная часть социально-экономической политики общества и государства.

*Экологическая сертификация* – деятельность по подтверждению соответствия объекта сертификации природоохранным требованиям, установленным действующим законодательством.

*Экологическая техноёмкость территории* – обобщенная характеристика территории, количественно соответствующая максимальной техногенной нагрузке, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных свойств.

*Экологическая экспертиза* – система комплексной оценки соответствия хозяйственных решений, деятельности и ее результатов требованиям охраны окружающей природной среды, рационального природопользования и экологической безопасности.

*Экологические компоненты* – материально-энергетические составляющие экологических систем (организмы, среда обитания – почва, вода, атмосфера и другие субстраты, энергия).

*Экологические факторы* – любые факторы среды или условия, оказывающие прямое или косвенное влияние на живые организмы.

*Экологический налог* – налог, состоящий из платежей за пользование природными ресурсами и за выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду.

*Экологический оптимум* – динамически сбалансированное сочетание экологических условий, обеспечивающее данному виду или биологическому сообществу возможности наиболее полноценного развития и воспроизводства.

*Экологический паспорт* – нормативно-технический документ, отражающий уровень использования предприятием природных ресурсов и его воздействия на окружающую среду.

*Экологическое равновесие* – баланс естественных процессов, свойственных компонентам природной среды, обеспечивающий длительное существование данной экосистемы.

*Экология* (от греч. *oikos* – жилище, местопребывание и *logos* – слово, учение) – комплексная наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организациями и средой, в которой они обитают.

*Эколого-экономическая система* – хозяйство любого региона (город, административная область, государство), элементами структуры которого выступают протекающие в нем экономические, социальные, технологические и природные процессы.

*Экономика природопользования* – отраслевая экономическая наука, исследующая социально-экономические закономерности использования человечеством природных ресурсов и регулирования отношений природы и общества.

*Экономическая оценка природных ресурсов* – денежное выражение хозяйственной ценности естественных ресурсов, обусловленной их природными особенностями.

*Экономический механизм природопользования* – совокупность экономических методов управления, создающих материальную заинтересованность природопользователей в рациональном использовании природных ресурсов и охране окружающей среды (экономическое стимулирование рационального природопользования, инвестирование природоохранных мероприятий, ценообразование в природоохранной деятельности, финансирование и налоговое регулирование и т. д.).

*Экономическое стимулирование рационального природопользования и природоохранной деятельности* – создание материальной заинтересованности природопользователей в экологизации хозяйственных

процессов, эффективном и экономном использовании природных ресурсов, снижении выбросов в окружающую среду.

*Экоразвитие* – экологически ориентированное социально-экономическое развитие, при котором рост благосостояния людей не сопровождается ухудшением состояния среды обитания и деградацией природных систем.

*Экотон* (от греч. *oikos* – жилище и *topos* – место) – местообитание организмов со свойственными ему особенностями почв, грунтов, микроклимата и других факторов.

*Эффективность охраны окружающей среды* – эколого-социально-экономическая эффективность природоохранных мероприятий, отражающая результативность экологических затрат.

*Экоцид* (от греч. *oikos* – жилище и лат. *caedo* – убиваю, ломаю) – преднамеренное разрушение среды обитания организмов, приводящее к биоциду.

*Экстенсивное природопользование* – природопользование, рост объемов которого достигается на базе традиционных форм эксплуатации природных ресурсов за счет расширения используемых природных территорий.

*ЮНЕП* – межправительственная организация, созданная ООН в 1972 г. Занимается мониторингом окружающей природной среды, координацией всех видов международной природоохранной деятельности, разработкой научных основ управления ресурсами биосферы и поиском путей решения наиболее острых проблем современности, таких как сокращение биологического разнообразия, вырубка лесов, деградация.

*Ядохимикаты (пестициды)* – химические вещества, используемые для борьбы с нежелательными в медицинском или хозяйственном отношении организмами. Представляют серьезную экологическую опасность в случае неправильного их применения как потенциальные химические загрязнители среды. Опасны также и для здоровья человека, могут вызывать отравления, в том числе и со смертельным исходом.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арустамов, Э. А. Экологические основы природопользования : учебник / Э. А. Арустамов, Н. В. Баркалова, И. В. Левакова. – Москва : Дашков и К, 2005. – 316 с.
2. Валова, В. Д. Основы экологии : учеб. пособие / В. Д. Валова. – Москва : Дашков и К, 2002. – 264 с.
3. Дуктов, А. П. Экология аквакультуры. Курс лекций : учеб.-метод. пособие / А. П. Дуктов, В. И. Лавушев. – Горки : БГСХА, 2022. – 103 с.
4. Дуктов, А. П. Экология аквакультуры : метод. указания по изучению дисциплины / А. П. Дуктов, В. И. Лавушев. – Горки : БГСХА, 2022. – 43 с.
5. Лукьяненко, В. И. Экологические аспекты ихтиопатологии / В. И. Лукьяненко. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 240 с.
6. Маврищев, В. В. Общая экология : курс лекций / В. В. Маврищев. – 2-е изд., исп. – Минск : Новое знание, 2004. – 298 с.
7. Маврищев, В. В. Основы общей экологии : учеб. пособие / В. В. Маврищев. – Минск : Выш. шк., 2000. – 317 с.
8. Матюшев, П. С. Экология : учебник / П. С. Матюшев. – Иваново, 2004. – 716 с.
9. Радкевич, В. А. Экология : учебник / В. А. Радкевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : Выш. шк., 1997. – 159 с.
10. Рябчиков, А. К. Экономика природопользования : учеб. пособие / А. К. Рябчиков. – Москва : Элит-2000, 2003. – 315 с.
11. Семенова, Л. М. Экологические проблемы Республики Беларусь / Л. М. Семенова. – Гомель, 2003. – 187 с.
12. Федорук, А. Т. Экология : учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск : Выш. шк., 2010. – 464 с.
13. Федцов, В. Г. Экология и экономика природопользования / В. Г. Федцов, Л. А. Дрягилев. – Москва, 2003. – 232 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ЭКОЛОГИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЗНЫХ ВИДОВ .....	4
1.1. Водные ресурсы как экологический фактор жизни на Земле .....	4
1.2. Запасы и качество природных вод .....	16
2. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ .....	22
2.1. Основные проблемы использования водных объектов .....	22
2.2. Мировые тенденции на рынке воды .....	26
2.3. Развитие рынка воды .....	28
2.4. Современный потенциал водных ресурсов Беларуси .....	30
3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДОЕМОВ. ОЖИДАЕМЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ .....	34
3.1. Источники загрязнения вод .....	34
3.2. Виды загрязнителей воды: химические, биологические, физические, механические, органолептические .....	40
4. ВЛИЯНИЕ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	51
5. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА ВОДОЕМОВ .....	58
6. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА ВОДОЕМОВ .....	64
6.1. Особенности водных и прибрежных растений .....	64
6.2. Растительность водоемов, ее значение в природе, жизни животных, рыб и человека .....	67
6.3. Водные и прибрежные растения, занесенные в Красную книгу Республики Беларусь .....	76
7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОХРАНЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ .....	81
8. ПРАВОВОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ .....	86
8.1. Правовое обеспечение экологической безопасности водных ресурсов .....	86
8.2. Правовая охрана водной среды. Водный кодекс Республики Беларусь .....	88
8.3. Ответственность за нарушение экологического законодательства .....	91
ГЛОССАРИЙ .....	93
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	113

Учебное издание

**Дуктов Александр Петрович**  
**Лавушев Виктор Иванович**

**ЭКОЛОГИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ**

**ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. А. Матасёва*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 07.06.2024. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 6,74. Уч.-изд. л. 6,28.  
Тираж 20 экз. Заказ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.