

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

КУРС ЛЕКЦИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений, обеспечивающих получение высшего образования
II ступени по специальности 1-74 80 03 Зоотехния*

Горки
БГСХА
2022

УДК 574:639.3(075.8)

ББК 47.2я73

Д81

*Рекомендовано методической комиссией
факультета биотехнологии и аквакультуры 21.02.2022 (протокол № 6)
и Научно-методическим советом БГСХА 24.02.2022 (протокол № 6)*

Авторы:

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

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

Рецензенты:

доктор ветеринарных наук, доктор биологических наук,

профессор *П. А. Красочко*;

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

Дуктов, А. П.

Д81 Экология аквакультуры. Курс лекций : учебно-методическое пособие / А. П. Дуктов, В. И. Лавушев. – Горки : БГСХА, 2022. – 103 с.

ISBN 978-985-882-209-5.

Курс лекций подготовлен в соответствии с образовательным стандартом высшего образования II ступени специальности «Зоотехния». Представлены основные понятия и закономерности развития процессов, влияющих на экологическое состояние водных ресурсов. Рассмотрено рациональное использование 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, обеспечивающих получение высшего образования II ступени по специальности 1-74 80 03 Зоотехния.

УДК 574:639.3(075.8)

ББК 47.2я73

ISBN 978-985-882-209-5

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2022

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.

Взаимоотношения человека с животным и растительным миром водной среды весьма сложны и нередко трудно предсказуемы. Эти взаимоотношения напрямую оказывают влияние на окружающую нас природу и косвенно на человечество в целом, отражаясь на здоровье и благосостоянии населения. Создание оптимальных отношений человека с водными ресурсами и их обитателями возможно лишь при условии знаний основных законов и принципов природопользования.

В процессе изучения дисциплины «Экология аквакультуры» у студентов должно быть сформировано экологическое мировоззрение, представление о современном состоянии аквакультуры, понятие о качестве водной среде как среды обитания, о водохозяйственных системах как природно-техногенных системах, о целях, задачах и структуре водного хозяйства; знания о водохозяйственных объектах, водохозяйственных комплексах и системах, отраслевом водном хозяйстве, об особенностях различных видов водопользования, экологически вредных технологиях, а также о необходимости охраны природы при строительстве и эксплуатации водохозяйственных систем, об охране природы как сочетании рационального природопользования и природообустройства.

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. Водные ресурсы как экологический фактор жизни на Земле.
2. Запасы и качество природных вод.
3. Оценка водных ресурсов Республики Беларусь.
4. Экологическое состояние рек, озер и других водоемов.
5. Подземные воды и их экологическое состояние.

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. км², или 70,8 % всей поверхности планеты). Общий объем гидросферы равен 1,4 млрд. км³, 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 %), 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 животных.

Вода – химическое соединение водорода с кислородом (H₂O), 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.

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 2 % гидросферы, используемая часть (речной сток, озерная вода) составляет менее 1 % от общего объема вод гидросферы.

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, 12 % – приводит к смерти.

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.

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 потреблением 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.

Относительно хозяйственной деятельности человека вводится понятие «водные ресурсы» – это все пригодные для хозяйственного ис-

пользования запасы поверхностных вод, включая почвенную и атмосферную влагу. Ресурсы поверхностных вод определяются в основном суммарным стоком в средний по водности год. Распределены они и используются по территории Земли и отдельным регионам неравномерно. Страны СНГ обладают крупнейшими в мире водными ресурсами, суммарно они занимают второе место в мире (после Бразилии) по объему среднегодового речного стока, на них приходится также значительные по величине потенциальные запасы подземных вод. Однако эти ресурсы распространены по территории стран СНГ крайне неравномерно, что объясняется различными географическими, климатическими, геологическими и гидрогеологическими условиями отдельных регионов. Общий среднегодовой объем стока составляет почти 4,7 тыс. км³, причем подавляющая его часть приходится на Российскую Федерацию – 4,27 тыс. км³ (более 90 %). Значительными водными ресурсами обладают Украина – 0,21 тыс. км³ (4,5 %), Казахстан – 0,12 тыс. км³ (2,7 %), Узбекистан – 0,11 тыс. км³ (2,3 %), Таджикистан – 0,1 тыс. км³ (2,0 %).

Неравномерному распределению стока соответствует и различная обеспеченность водными ресурсами стран СНГ. Если удельная обеспеченность стоком в целом для стран СНГ равна 210 тыс. км³ в год на 1 км², то наиболее высокая в Грузии и Таджикистане – 877 и 667 тыс. км³ в год на 1 км² соответственно, а наиболее низкая в Туркменистане – 145 и в Казахстане – 46 тыс. км³ в год на 1 км².

Ресурсы поверхностных вод Беларуси оцениваются в 58 км³ в год, по этому показателю она занимает восьмое место среди стран СНГ (1,2 % общего стока). Большая часть речного стока формируется в пределах Беларуси, приток воды с территории соседних государств (России и Украины) равен 21,6 км³, или 36 %. Таким образом, местные ресурсы речных вод составляют 36,4 км³ в год. В многоводные годы суммарный речной сток может достигать 96 км³, снижаясь в маловодные годы до 36 км³. Местный сток изменяется в соответствии с водностью года от 61 до 24 км³ в год. Удельная обеспеченность стоком речных вод в Беларуси несколько выше, чем в среднем по странам СНГ, и составляет 279,4 тыс. м³ в год на 1 км².

Для Беларуси характерна довольно значительная дифференциация водообеспеченности, которая усугубляется неравномерным размещением населения и производства. Реки страны принадлежат к бассейнам двух морей – Черного и Балтийского, соответственно 56 и 44 % площади водосбора. Из общего числа рек и ручьев (20,8 тыс.) суммарной протяженностью 90,6 тыс. км абсолютное большинство водотоков от-

носится 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 ($11,6 \text{ км}^3$ в год) и Немана с Вилией ($9,26 \text{ км}^3$ в год). Значительно меньше приходится на бассейны Западной Двины ($7,01 \text{ км}^3$ в год) и Припяти ($6,97 \text{ км}^3$ в год). Транзитные воды поступают в Беларусь большей частью по Западной Двине ($7,29 \text{ км}^3$ в год) и Припяти ($5,74 \text{ км}^3$ в год), остальные транзитные воды ($7,67 \text{ км}^3$ 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 из озер: Нарочь (площадь зеркала воды – $79,6 \text{ км}^2$), Освейское ($52,8 \text{ км}^2$), Лукомское ($37,7 \text{ км}^2$), Дривяты ($36,1 \text{ км}^2$), Нещердо, Снуды, Свирь. Северные озера отличаются хорошей сохранностью озерных котловин, что позволяет вести их комплексное использование.

Озера на юге страны носят черты деградации, чаще всего имеют низкие заболачиваемые берега, плоские и неглубокие озерные котловины. Особо крупными из них являются: Червоное (площадь зеркала воды – $40,8 \text{ км}^2$), Выгонощанское ($26,5 \text{ км}^2$), Черное, Споровское. Мало озер в центральной части страны. Суммарная площадь зеркал всех озер Беларуси составляет почти 2 тыс. км^2 , а общий объем воды, аккумулированной в них, оценивается в $6\text{--}7 \text{ км}^3$.

Неравномерность размещения водных ресурсов и внутри годового распределения стока поверхностных вод в определенной мере компенсируется строительством водохранилищ и прудов. Водохранилище – искусственный водоем с полным объемом задержанных водных масс более 1 млн. м^3 , созданный с использованием водонапорных сооружений в долине реки или понижении местности для накопления и сохранения воды, регулирования стока в соответствии с потребностями различ-

ных отраслей народного хозяйства. На территории Беларуси создано более 140 водохранилищ различного хозяйственного назначения. Суммарный полный объем воды, которая задерживается водохранилищами, достигает 3 км^3 , а полезный – $1,24 \text{ км}^3$. Общая площадь водного зеркала акватории водохранилищ достигает 740 км^2 . С созданием водохранилищ озерность Беларуси увеличилась с 0,6 до 1,5 %.

К числу искусственных водоемов относятся и пруды, которые аккумулируют местный сток. Их полный объем не превышает 1 млн. м^3 . Пруды предназначены для местного хозяйственно-бытового водообеспечения и иных целей. Прудовой фонд Беларуси составляют более 1 500 единиц в хозяйствах агропромышленного комплекса с полным объемом задержки водных масс более $0,2 \text{ км}^3$, площадью водного зеркала 140 км^2 и 19 рыбных хозяйств с полным объемом $0,3 \text{ км}^3$, площадью 179 км^2 .

Естественные ресурсы пресных подземных вод оцениваются в $15,9 \text{ км}^3$ в год ($43,5 \text{ млн. м}^3$ в сутки). Они распространены по всей территории Беларуси на глубинах от 100 до 450 м. Взаимодействие климатических, орографических и геологических факторов определяет неравномерный характер распределения подземных вод, что в целом соответствует региональным различиям поверхностного стока. Значительные ресурсы подземных вод находятся в бассейне Днепра с притоками Березина и Сож – 34,4 %. На бассейн Немана с Вилией приходится 28,2 %, Западной Двины и Припяти – 33,7 %. Наименьшие запасы обнаружены в бассейне Западного Буга и Нарева, они составляют 3,7 % суммарных ресурсов пресных подземных вод Беларуси. Всего разведано более 230 месторождений пресных подземных вод с запасами $5,7 \text{ млн. м}^3$ в сутки, из них для промышленного освоения подготовлено около 200 месторождений с эксплуатационными запасами около $4,6 \text{ млн. м}^3$ в сутки.

Возобновляемые ресурсы пресных поверхностных и подземных вод в целом по Беларуси в настоящий момент и в перспективе оцениваются как достаточные для удовлетворения потребностей республики в воде.

Контрольные вопросы

1. Какое количество воды от общего ее количества пригодно к использованию?
2. Какие проблемы возникают при недостатке водных ресурсов?
3. Какие водные источники являются самыми чистыми?

2. НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

1. Основные направления использования водных объектов: промышленное водоснабжение, сельскохозяйственное водоснабжение, коммунальное водоснабжение и др.
2. Ресурсы водоемов Республики Беларусь.
3. Понятие водного хозяйства, его структура.
4. Проблемы использования водных объектов.

В своем развитии человечество прошло через многие этапы в использовании воды. Первоначально преобладало прямое использование воды – в качестве питья, для приготовления пищи, в бытовых хозяйственных целях. Постепенно возрастает значение рек и морей для развития водного транспорта. Возникновение многих центров цивилизации связано с наличием водных путей. Люди использовали водные пространства как пути сообщения, для ловли рыбы, добычи соли и других видов хозяйственной деятельности. В период расцвета судоходства наиболее экономически развитыми и богатыми были морские государства. И в настоящее время использование водных путей сообщения значительно отражается на развитии мировой экономики. Так, морской транспорт перевозит в год 3–4 млрд. т грузов, или 4–5 % общего объема грузоперевозок, выполняя при этом свыше 30 трлн. т·км, или 70 % общего мирового грузооборота.

Отличительной чертой нашего времени явился быстрый рост водопотребления по самым различным направлениям. На первое место по объему потребления воды вышло *сельскохозяйственное производство*. Для того чтобы обеспечить продуктами питания все возрастающее население Земли, необходимы затраты огромного количества воды в земледелии. Ресурсы влаги и тепла и их соотношение определяют естественную биологическую продуктивность в различных природно-климатических зонах мира. Для производства 1 кг растительной массы разные растения расходуют на транспирацию от 150–200 до 800–1 000 м³ воды; причем 1 га площади, занятой кукурузой, испаряет за вегетационный период 2–3 млн. л воды; для выращивания 1 т пшеницы, риса или хлопка необходимо 1 500, 4 000 и 10 000 т воды соответственно.

Площадь орошаемых земель на земном шаре достигает в настоящее время 220 млн. га. На них возделывается примерно половина сельскохозяйственной продукции мира, на орошаемых землях раз-

мещается до двух третей мировых посевов хлопчатника. В то же время на орошение 1 га посевов расходуется в течение года 12–14 тыс. м³ воды. Ежегодный расход воды достигает 2 500 км³, или более 6 % суммарного годового стока рек земного шара. По объему используемых вод орошаемое земледелие занимает первое место среди других водопотребителей.

Чрезвычайно велика потребность в воде для современного животноводства, содержания скота на фермах и животноводческих комплексах. Для производства 1 кг молока затрачивается 4 т, а 1 кг мяса – 25 т воды.

Удельное использование воды на сельскохозяйственные и иные цели в различных странах мира приведено в табл. 1.

Таблица 1. Использование воды на различные хозяйственные цели в отдельных странах мира (в % к общему водопотреблению)

Группы водопотребления	Беларусь	Россия	США	Франция	Финляндия
Сельскохозяйственное	23*	22	49	51	10
Промышленное	33	33	41	37	80
Коммунально-бытовое	44	24	10	12	10

*Включая использование воды в рыбном хозяйстве.

Растет потребление воды в *промышленном производстве*. Невозможно указать другое вещество, которое бы находило столь разнообразное и широкое применение, как вода. Она является химическим реагентом, участвующим в производстве кислорода, водорода, щелочей, азотной кислоты, спиртов и многих других важнейших химических продуктов. Вода – необходимый компонент в производстве строительных материалов: цемента, гипса, извести и т. п. Основная масса воды в промышленности используется для производства энергии и охлаждения. Значительное количество воды в обрабатывающей промышленности употребляется на растворение, смешивание, очищение и другие технологические процессы. Для выплавки 1 т чугуна и перевода его в сталь и прокат расходуется 50–150 м³ воды, 1 т меди – 500 м³ воды, 1 т синтетического каучука и химических волокон – от 2 до 5 тыс. м³ воды.

Подавляющее число производств приспособлено к использованию только пресных вод; новейшим отраслям промышленности (производству полупроводников, атомной техники и др.) необходима вода особой чистоты. Современные промышленные предприятия, тепловые электростанции расходуют огромные ресурсы воды, сопоставимые с годовым стоком крупных рек.

По мере роста народонаселения и городов увеличивается расход воды на коммунально-бытовые нужды. Физиологическая потребность человека в воде, которая вводится в организм с питьем и пищей, в зависимости от климатических условий составляет 9–10 л/сут. Значительно большее количество воды необходимо для санитарных и хозяйственно-бытовых нужд. Лишь при достаточном уровне водопотребления, которое обеспечивается централизованными системами водоснабжения, оказывается возможным удаление отходов и нечистот при помощи сплавной канализации. Уровень хозяйственно-питьевого водопотребления колеблется в значительных пределах: от 30–50 л/сут в зданиях с водопользованием из водоразборных колонок (без канализации) до 275–400 л/сут на одного жителя в зданиях с водопроводом, канализацией и системой централизованного горячего водоснабжения. Естественно, улучшение коммунально-бытовых условий жизни в городах, а также в сельской местности влечет за собой рост потребления воды.

Теоретически водные ресурсы неисчерпаемы, так как при рациональном использовании они непрерывно возобновляются в процессе круговорота воды в природе. Еще в недалеком прошлом считалось, что воды на Земле так много, что, за исключением отдельных засушливых районов, людям не стоит беспокоиться о том, что ее может не хватить. Однако потребление воды растет такими темпами, что человечество все чаще сталкивается с проблемой, как обеспечить будущие потребности в ней. В некоторых странах и регионах мира уже сейчас ощущается недостаток водных ресурсов, усиливающийся с каждым годом.

Рост промышленного и сельскохозяйственного производства, высокие темпы урбанизации способствовали расширению использования водных ресурсов Беларуси. Забор речных и подземных вод постоянно возрастал, достигнув своей максимальной величины, равной 2,9 км³, в 1990 г. Но к 2000 г. использование воды снизилось и составило 1,7 км³, а в 2020 г. – 1,4 км³. Основным потребителем воды оказалось жилищно-коммунальное хозяйство – 44,0 % общего потребления; про-

изводственное (промышленное) водоснабжение – 30 %; сельскохозяйственное водоснабжение и орошение – 12,5 %; рыбное прудовое хозяйство – 13,5 %. В региональном аспекте выделяется центральная часть Беларуси, где потребляется почти треть всего объема используемых вод, что в основном совпадает с экономическим потенциалом данного региона.

Показатели использования водных ресурсов в Республике Беларусь приведены в табл. 2 .

Таблица 2. **Использование водных ресурсов в Республике Беларусь**

Показатель	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2020 г
Забор воды из природных источников, млн. м ³	2 883	1 851	3 000	3 250
В том числе из подземных источников	1 210	1 095	1 550	1 890
Использование воды, всего, млн. м ³	2 790	1 709	2 500	2 900

Водное хозяйство формируется как 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. Основная задача водного хозяйства – обеспечение всех отраслей и видов хозяйственной деятельности водой в необходимом количестве и соответствующего качества.

По характеру использования водных ресурсов отрасли народного хозяйства делят на водопотребителей и водопользователей. При водопотреблении вода изымается из ее источников (рек, водоемов, водоносных пластов) и используется в промышленности, сельском хозяйстве, для коммунально-бытовых нужд; она входит в состав выпускаемой продукции, подвергается загрязнению и испарению. Водопотребление с точки зрения использования водных ресурсов подразделяют на возвратное (возвращаемое к источнику) и безвозвратное (потери).

Водопользование связано обычно с процессами, в котрых используют не воду, как таковую, а ее энергию или водную среду. На такой основе развивается гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, система отдыха и спорта и др.

Отрасли народного хозяйства предъявляют к водным ресурсам разные требования, поэтому водохозяйственное строительство наиболее

целесообразно осуществлять комплексно, учитывая особенности каждой отрасли и те изменения в режиме подземных и поверхностных вод, которые возникают при строительстве гидротехнических сооружений и их эксплуатации и нарушают экологические системы. Комплексное использование водных ресурсов позволяет наиболее рационально удовлетворить потребности в воде каждой отрасли народного хозяйства, оптимально сочетать интересы всех водопотребителей и водопользователей, экономить средства на строительство водохозяйственных сооружений.

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 $57,9 \text{ км}^3$, в том числе формирующиеся в пределах страны – 34 км^3 . В многоводные годы общий речной сток увеличивается до $92,4 \text{ км}^3$, а в маловодные – снижается до $37,2 \text{ км}^3$. Возобновляемые (естественные) ресурсы подземных вод составляют $15,9 \text{ км}^3$ в год, эксплуатационные запасы – $2,3 \text{ км}^3$ в год.

Основными потребителями воды в мире являются промышленность и сельское хозяйство. 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, на производстве ферросплавов – в 10 раз. 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, из наружных водопроводных сетей. В последнем случае причиной утечек нередко являются быстро изнашивающиеся трубы, и замена их долгосрочными эмалированными трубами и трубами из стеклообразных материалов с повышенной антикоррозионностью позволила бы намного снизить нерациональный расход воды.

В связи с этим 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.

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 содержится 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.

Основой 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 открытые 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. км³.

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. км³, из которых лишь немногим более 80 млн. км³ отводится в различного рода накопители, а 1,2 млрд. км³ сбрасывается в природные водные объекты.

Наибольшее количество бытовых и производственных сточных вод приходится на водоемы Гомельской области и города Минска. При этом город Минск является самым мощным источником химической нагрузки на речные системы. Столица сбрасывает промышленно-хозяйственных стоков больше, чем все другие города республики, вместе взятые.

Наибольшую нагрузку сточных вод испытывают реки: Свислочь (самая грязная река ниже Минска), 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 (в отношении загрязнения воды и атмосферного воздуха) наносят животноводческие комплексы по производству свинины (самые крупные из которых мощностью 108 тыс. голов). Так, на среднем свинокомплексе при производстве 1 т свинины расходуется 1 000 м³ чистой воды. В целом на таком комплексе ежедневный выход стоков превышает 3 000 м³. По негативному влиянию на окружающую среду он приравнивается к городу с населением в 300 тыс. человек.

Контрольные вопросы

1. В достаточной ли степени обеспечена водными источниками Республика Беларусь?
2. Какие проблемы возникают при использовании водных ресурсов?
3. Какие подходы используются при решении проблем использования водных ресурсов?

3. ИСТОЧНИКИ И ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ

1. Источники загрязнения водных объектов.
2. Виды загрязнителей воды: химические, биологические, физические, механические, органолептические.
3. Классификация водоемов по загрязненности.

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 могут быть сгруппированы в несколько категорий.

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, лишенной растений, и образует ручьи, она захватывает все на своем пути, включая вредные вещества. Растительность имеет важное значение, поскольку сдерживает 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 в 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 в определенных местах. 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 ча-

стицы мусора, муть или взвесь – результаты механических загрязнений. Биологические, химические, неорганические примеси без специального анализа не видны. В этом и заключается опасность загрязненной воды.

По происхождению все загрязнения можно классифицировать на основных два вида – **природные** и **антропогенные**.

В зависимости от фактора, вызывающего загрязнение водоема, пользуются приведенной ниже классификацией.

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 два-три 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. При проведении строительных работ образуется много мелкодисперсного мусора, золы, сажки, пыли. Они смываются водой и загрязняют ее.

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. Топляк, т. е. затонувшие бревна, способны оказать влияние на рельеф дна водоемов, биологическую экосистему.

Самый массовый вид механических загрязнений 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.

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

От механических загрязнений помогают 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 в результате промышленной деятельности предприятия сточные воды.

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. Ущерб природе может быть нанесен невосполнимый.

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.

На землях сельхозназначения 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, атомных судовых двигателей, предприятий, использующих радиоактивные вещества;
- 2) как последствия полигонных испытаний атомного оружия в виде радиоактивных осадков или оседания ядерной пыли;
- 3) чрезвычайные происшествя с выбросом радиоактивных веществ.

Биологическое загрязнение воды. 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.

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. В России 75 % водоемов загрязнены.

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

Загрязнение водной среды опасно для здоровья и природной экосистемы. Как известно, 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 общества 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 валового внутреннего продукта (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, м³/руб.;

R_1 – годовое потребление свежей воды, м³;

R_2 – годовой объем оборотного водоснабжения, м³;

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.

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 численности. 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 tehas*. Число видов, обитающих в полисапробных водах невелико, но развиваются они в огромных количествах. Надежными показателями полисапробных вод являются многие бактерии (*Sphaerotilus natans*, *Thioprocyccus ruses* и др.) и грибы. 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; однако в воде есть еще такие слабоокисленные азотистые соединения, как аммиак, аминокислоты и амидокислоты. В мезосапробных водах сероводород отсутствует, диоксида углерода мало, количество кислорода близко к величине нормального насыщения, растворенных органических веществ практически нет. Основную группу качественно бедного населения 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 гнить, в них обитают бактерии (сотни тысяч 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. Потребность организмов в кислороде незначительная. Цветковые расте-

ния 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, выделяемые хлорофиллоносными растениями, среди которых встречаются не только синезеленые, но и диатомовые и зеленые водоросли. В большом количестве обитают грибы и бактерии, их численность достигает сотен тысяч в 1 см³. Могут обитать нетребовательные к кислороду виды рыб. 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 предыдущих преобладанием окислительных процессов над восстановительными. Благодаря интенсивному фотосинтезу многочисленных растений летом воды бывают перенасыщены кислородом. В воде имеются аммиак, нитриты, нитраты, немного углекислоты, может быть в незначительных количествах сероводород, аминокислот нет, сероводород встречается в незначительных количествах, кислорода в воде много, минерализация идет за счет полного окисления органического вещества. Содержание органических веществ ничтожно. Вода более чистая и не гнивает. 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, многочисленные 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 гнивает. Содержание в ней бактерий незначительно – десятки-сотни в 1 мл. Обитающие организмы характеризуются большой потребностью в кислороде. Население наиболее разнообразно в видовом отношении, но количественно значительно беднее, чем в

предыдущих зонах. В этих водоемах обитают и размножаются разные виды водорослей, особенно *Melosira italica*, *Drapamaldia glomerata* и *D. plumosa*, губки, колдоватки, мшанки, ветвистоусые рачки, 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. Соответственно этому 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. Как классифицируются источники загрязнения водных ресурсов?
2. Как классифицируются виды загрязнения водных ресурсов?
3. Как классифицируются водоемы по степени загрязнения?
4. Какие подходы используются при решении проблем загрязнения водных ресурсов?
5. Как отражается загрязнение водоемов на социально-экономическом состоянии государства?

4. ВЛИЯНИЕ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

1. Экологическое состояние территорий, занимаемых рыбоводными хозяйствами.
2. Сбросы воды из рыбоводных прудов и их очистка.
3. Экологические последствия рыбохозяйственной деятельности на окружающую среду.
4. Перспективные пути решения экологических проблем рыбхозов.

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.

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.

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.

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 рыбоводческих ферм.

Рыбохозяйственная деятельность в Республике Беларусь представлена двумя основными направлениями: разведение и выращивание рыбы в искусственных условиях и ловля рыбы в рыболовных угодьях. Аквакультура страны включает прудовое рыбоводство, выращивание рыбы в садках, бассейнах и в установках замкнутого водообеспечения. В этих направлениях работают специализированные рыбоводные организации, фермерские хозяйства, индивидуальные предприниматели, физические лица и другие организации, для которых рыбоводство не является основным видом деятельности.

Общая площадь прудового фонда, находящегося в ведении различных организаций, занимающихся разведением рыбы, составляет 26,5 тыс. га.

Основные объемы рыбы в республике (около 80 %) производятся в прудовых хозяйствах, где выращивается почти 20 тыс. т рыбы в год, в том числе до 15 тыс. т товарной. Производство прудовой рыбы в основном базируется на применении интенсивных технологий с поликультурой рыб и высоких плотностей посадок, с использованием концентрированных кормов и удобрений. Это приводит к ухудшению среды выращивания рыбы, болезням, перерасходу концентрированных кормов, снижению рыбопродуктивности, а также к увеличению объема загрязненных сточных вод, сбрасываемых из прудов в открытые водотоки.

Прогрессирующее загрязнение природных вод вызывает озабоченность не только в нашей республике. В последние годы во всем мире идет процесс регулирования как национальных, так и транснациональных правовых актов, ставящий своей целью снижение нагрузки рыбохозяйственной деятельности на природные воды. Аквакультура является одной из наиболее урегулированных отраслей в Европейском Союзе. В настоящее время в странах ЕС соответствие нормативам по воде имеет ключевую важность в обеспечении качества воды для производства вкусной и безопасной пищевой продукции. Рамочная директива по водной среде (WFD), утвержденная в 2000 г., распространила сферу действия защиты на все воды и наметила цель – достижение «хорошего состояния» европейских вод и устойчивого водопользования во всей Европе. Подобные процессы идут и на других континентах.

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 не утилизируемыми и экспортируемыми из пруда остатками кормов и удобрений. Научные исследования, проведенные сотрудниками Института рыбного хозяйства, подтвердили, что в разные годы основным источником загрязнения водоприемников в период массового сброса вод во время осеннего облова рыбы являются минеральные формы азота, образованные бурным развитием микроорганизмов, участвующих в круговороте азота, а также органические и взвешенные вещества.

С точки зрения экономики *садковые хозяйства* – это наиболее рентабельный вид аквакультуры, но его негативное воздействие на окружающую среду значительно превосходит все остальные виды аквакультуры.

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 рыбные промыслы в мире. Рыба, пойманная для того, чтобы сделать 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 рыбоводческих ферм, которые периодически случаются, используются подводные камеры слежения за садками.

Проблема сокращения использования водных биоресурсов для производства кормов также находится в стадии решения. Разработана

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, которые включают:

- 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. 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 сахарного производства), которые полностью утилизируются в прудах;

- разработку 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.

Широкое распространение интегрированные производства получили в Китае. Они позволили снизить затраты на выращивание рыбы, получить добавочную продукцию и снизить биогенную нагрузку на водоприемники. В Беларуси вследствие отсутствия разработанных технологий интегрированное рыбоводство и комбинированные технологии не практикуются, но их развитие позволит не только снизить биогенную нагрузку на окружающую среду, но и сделать более рентабельными рыбоводные хозяйства;

- перестройку традиционной поликультуры рыб в направлении доминирования растительноядных рыб, не требующих для своего роста концентрированных кормов. Это позволяет получать нормативную продуктивность за счет более полной утилизации кормовых ресурсов пруда и тем самым снизить биогенную нагрузку на водоприемники;

- применение «рыбосевооборота» на рыбоводных прудах как одного из видов ресурсосберегающей технологии в рыбоводстве. «Рыбосевооборот» позволяет увеличить производство рыбы и получать дополнительные урожаи растениеводческой продукции. Это частично решает проблему кормов для рыбы, позволяет выращивать продовольственные культуры для населения, оздоравливать неблагополучные по эпизоотическому состоянию рыбоводные хозяйства, а также снижать нагрузку на водоприемники по органическим и взвешенным веществам;

- использование автокормушек для кормления товарной рыбы. Как показывают результаты исследований, при отсутствии автокормушек только 64 % вносимого корма потребляется рыбами. Остальные органические корма минерализуются до различных стадий, в результате основная их часть выносится во время спуска прудов в естественные водотоки. Кроме того, постоянный приток большого количества не утилизированных рыбами органических кормов способствует

ухудшению состояния экосистемы прудов, потреблению большого количества кислорода на их окисление, развитию фитопланктона и, как следствие, может приводить к замору прудовой рыбы.

Большинство рыбоводных хозяйств республики было построено в прошлом столетии (более 60 лет назад). Система очистки отработанной воды предусматривала только наличие сбросного канала и то не во всех рыбхозах. В настоящее время, когда требования к качеству сбрасываемой с рыбоводных предприятий воды ужесточились, очистка загрязненных вод с прудов приобрела первостепенное значение.

В последние годы в мире накоплен значительный опыт очистки сбросных вод и снижения негативных последствий для поверхностных водоемов от рыбоводческой деятельности. Все имеющиеся методы можно условно разделить на четыре группы:

- механическая очистка (центрифугирование, осаждение, механическая фильтрация и др.);
- химическая очистка (использование различных химических реагентов);
- биологическая очистка (биофильтры, искусственные экосистемы, направленные непосредственно на очистку сбросных вод);
- организационные мероприятия (поэтапный сброс, разбавление, совершенствование технологий облова).

Все представленные методы чаще всего используются в качестве звеньев комплексного подхода очистки сбросных вод.

Механическая очистка сбросных вод путем центрифугирования или фильтрования в основном применяется в промышленных системах замкнутого водоснабжения, где вода используется повторно. Как правило, такие системы работают в комплексе с биофильтрами и требуют больших затрат энергии. В последнее время интенсивно развиваются и внедряются в производственную практику новые материалы и сконструированные на их основе системы очистки воды промышленных систем.

В прудах может применяться механическая очистка воды путем седиментации взвешенных веществ. Осадок с фильтров или прудов отстойников должен регулярно удаляться. Однако механическая очистка неэффективна в удалении растворенных органических и минеральных веществ, которые могут составлять основу загрязнений в сбрасываемой воде. Чаще всего такая очистка является одной из стадий комплексной системы очистки воды рыбоводческих или других сельскохозяйственных предприятий.

При химической очистке воды используются реагенты, способствующие удалению растворенных и осаждению взвешенных веществ. Для прудовых систем чаще всего применяется метод известкования. Однако применение химических реагентов является довольно затратным. Учитывать следует также и то, что сами реагенты могут не полностью удаляться из сбросной воды и негативно влиять на природные воды.

Биологические методы очистки в настоящее время приобретают все большую популярность как в промышленных установках (биофильтры), так и в прудовых хозяйствах. Кроме того, в последнее время интенсивно развивается ряд подходов очистки сбросных вод и одновременно получения дополнительной рыбной и растительной продукции за счет аккумуляции веществ, традиционно сбрасываемых рыбоводческими хозяйствами в естественные водоемы (минеральные азот и фосфор, органическое вещество). В последние десятилетия было повторно рекомендовано использование искусственных водно-болотных угодий в очистке сбросных вод как весьма эффективное. В экосистемах водно-болотных угодий содержание загрязнителей снижается благодаря естественным процессам утилизации их растениями. Взвешенные твердые частицы оседают и преобразуются в растворимые питательные вещества, используемые растениями водно-болотных угодий.

В Венгрии было установлено, что комплексная система очистки, включающая рыбоводные пруды, пруды с макрофитами и площадки с наземной растительностью, удаляет из системы и аккумулирует в побочных продуктах производства 85–95 % минерального азота, фосфора и органического вещества. Такие системы позволяют получать прибыль из двух источников: экономия расходов на очистку сточных вод и продажа новой продукции с получением дополнительного дохода.

В Дании в экспериментальном форелевом хозяйстве, функционирующем в проточном режиме, была опробована эффективность функционирования очистного модуля, состоящего из шламоуловителей, биофильтров и водоочистных прудов с водными растениями. Сточная вода из производственных единиц после очистки в водоочистных сооружениях хозяйства (шламоуловителях, биофильтрах) поступает в водоочистные пруды, где растения продолжают удаление питательных веществ, обеспечивая конечную очистку сбросных вод перед их возвратом в реку.

Самоочищение сточных вод осуществляется в искусственно созданных гидробиоценозах, где в результате биотического круговорота

веществ, включающего процессы создания, трансформации и разрушения органического вещества, самоочищение осуществляются по следующей схеме: *пруды-накопители* → *водорослевые пруды* → *рачковые пруды* → *ботаническая площадка* → *рыбоводные пруды*.

Имеются сведения об использовании перифитона для удаления различных, в особенности взвешенных, веществ из сбросной воды. В прудах или каналах сооружаются искусственные субстраты для перифитона (обрастаний), которые благодаря интенсивному развитию на них многочисленных растительных и животных организмов аккумулируют большое количество биогенных элементов и взвешенных органических веществ.

Основной сброс загрязнителей из прудов в поверхностные водоемы и водотоки республики осуществляется в период заключительного облова прудов, когда сбрасывается около 200 млн. м³ воды, что составляет более 35 % от суммарного годового потребления. Усовершенствование организационных подходов к спуску прудов и облову может существенно снизить единовременное негативное влияние на водоприемники. Так, «аккуратный» облов с как можно менее интенсивным взмучиванием донных иловых отложений может существенно снизить сброс в водоприемники биогенных элементов, в большом количестве аккумулирующихся в грунтах.

Хорошие результаты также может дать известкование прудов за 10 суток до облова. Если вода с нескольких прудов хозяйства сбрасывается в один канал, может быть применен поэтапный сброс таким образом, чтобы нижние, самые загрязненные, горизонты воды одного пруда сбрасывались одновременно с верхними относительно чистыми горизонтами другого, т. е. имело место разбавление и снижение концентрации загрязняющих веществ на единицу объема сбрасываемой воды.

Контрольные вопросы

1. Какой вред природе наносят рыбоводческие хозяйства?
2. Как классифицируются методы и способы очищения водоемов?
3. Какие подходы можно использовать для повышения эффективности работы рыбхозов и снижения экологической нагрузки на окружающую среду?

5. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА ВОДОЕМОВ

1. Экология популяций водоемов. Водные и околотовные биоценозы.
2. Экосистемы, их структура.
3. Влияние человека на природные связи и гомеостаз популяций.
4. Водные обитатели, занесенные в Красную книгу Республики Беларусь.

В толще воды пресных озер выделяют следующие экологические зоны: *эпилимнион, металимнион и гиполимнион*.

Воды поверхностного слоя – эпилимниона (до глубины 5–8 м) – летом хорошо прогреваются (20 °С) и интенсивно перемешиваются. 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 реки различают прибрежную зону – рипаль и открытую – медиаль. В открытой зоне скорости течения выше, население количественно беднее, чем в прибрежной. По продольному профилю реки выделяются зоны более глубоководных плесов и более мелководных перекатов.

Относительно высокая плотность воды позволяет постоянно, не опускаясь на дно, существовать в ее толще разнообразным живым организмам. 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. Однако некоторые из этих организмов могут преодолевать расстояния в десятки и даже в сотни метров как за счет активного плавания, так и за счет регулирования плавучести своего тела.

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 (циклопы, дафнии) и коловратки; в морском преобладают ракообразные, многочисленные простейшие (радиолярии, фораминиферы, инфузории), кишечнополостные (медузы, сифонофоры, гребневики), крылоногие моллюски, оболочники, икра и личинки рыб, личинки разных беспозвоночных, в том числе и донных.

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 увеличение 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, гребневики 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, имеющую название «нейстон» (от греч. *neustos* – плавающий) – совокупность организмов, обитающих у поверхностной пленки воды.

Нейстонные организмы могут прикрепляться или передвигаться по водной пленке сверху (эпинеuston) или снизу (гипинеuston).

К эпинеустону 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 гипинеустону 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 достигают, 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 рыбы 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 желуды, некоторые двустворчатые моллюски, в частности, устрицы и мидии.

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

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 путями. В частности, присасывание 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 выработались структуры, поднимающие тело того или иного вида 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. 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, элодея, роголистник и др.).

Бентос служит пищей для многих рыб. Многие виды мелководного морского бентоса – объект промысла и аквакультуры.

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.

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

Под термином **«экологическая система»** понимают совокупность живых организмов и элементов неживой природы на определенной территории.

Экологическая система – это единица биосферы. Иными словами, экосистема представляет собой взаимодействие биоценоза и биотопа.

Примером экологической системы может быть как небольшой гниющий пень в лесу, так и обширный лесной массив, как маленький лесной пруд, так и Мировой океан. По признаку масштабности экосистемы подразделяют:

- на микроэкосистемы (пень, гниющее дерево);
- мезоэкосистемы (лес, река);
- макроэкосистемы (континент, океан);
- глобальную экосистему (биосфера Земли).

Водная экосистема – экосистема в водной среде. В водных экосистемах обитают скопления организмов, зависящих друг от друга и от их среды обитания. Водные экосистемы делятся на два основных типа – морские и пресноводные экосистемы.

Морские экосистемы, самые большие среди всех экосистем, занимают около 71 % поверхности Земли и содержат приблизительно 97 % всех вод планеты. Они производят 32 % чистой первичной продукции в мире. Эти экосистемы отличаются от пресноводных экосистем количеством растворенных соединений в воде, особенно солей. Около 85 % растворенных веществ в морской воде – это натрий и хлор. Средняя соленость морской воды достигает 35 ‰. Фактическая соленость варьируется среди различных морских экосистем.

Морские экосистемы могут быть поделены на множество зон в зависимости от глубины и береговой линии.

Океаническая зона является обширной открытой частью океана, где живут такие животные, как киты, акулы и тунцы.

Зона бентоса состоит из основания ниже воды, где живут многие беспозвоночные.

Приливная зона – это область между приливами и отливами.

Другие виды прибрежных зон (неретические) могут включать в себя лиманы, солончаки, коралловые рифы, лагуны, а также мангровые болота.

В глубоких водах термальные источники могут служить причиной появления хемосинтезирующих серных бактерий, которые в дальнейшем формируют основы пищевой цепи.

Классы организмов, обнаруженных в морских экосистемах, включают в себя коричневые водоросли, динофлагелляты, кораллы, головоногих моллюсков, иглокожих и акул. Рыбы, пойманные в морских экосистемах, являются крупнейшим источником коммерческой продукции, полученной из природных популяций.

Экологические проблемы, затрагивающие морские экосистемы, включают в себя неустойчивое использование морских ресурсов (например, чрезмерная ловля определенных видов рыб), загрязнение морских вод, изменение климата, строительство в прибрежных районах.

Пресноводные экосистемы покрывают 0,8 % поверхности Земли и составляют 0,009 % от общего объема воды. Они генерируют почти 3 % чистой первичной продукции. Пресноводные экосистемы содержат 41 % всех известных в мире видов рыб.

Выделяют три основных типа пресноводных экосистем:

- стоячий: медленное перемещение воды, в том числе бассейн, пруд и озеро;
- проточный: быстро движущаяся вода, например ручей и река;
- болото: область, где почва насыщена или обводнена, по крайней мере иногда.

Озерные экосистемы могут подразделяться по зонам. Одна общая система делит озеро на три зоны. Первая – литоральная зона – это мелкая зона у побережья. Здесь могут встречаться сгнившие болотные растения. Глубоководье разделено на две дальних зоны: зона открытой воды и зона глубоководья. В зоне открытой воды (или освещенной зоне) солнечные лучи поддерживают фотосинтезирующие водоросли, и виды, которые ими кормятся. В зоне глубоководья солнечный свет недоступен и пищевая сеть основана на остатках, которые приходят из литоральной или освещенной зон. Некоторые системы используют другие названия. Глубоководье может называться пелагической зоной, а афотическая – глубоководной. Зона, удаленная в глубь побережья от литоральной зоны, может часто называться прибрежной, растения которой подвержены присутствию озера – это может включать в себя эффекты от ветра, весеннего паводка и повреждений от зимнего льда.

Пруды – это маленькие пресноводные области с мелководьем и неподвижной водой, болотными и водными растениями. Они могут быть разделены на четыре зоны: зона растительности, открытая вода, донные иловые и поверхностный слой. Размер и глубина водоемов часто сильно варьируются в зависимости от времени года; многие водоемы создаются путем весеннего паводка на реках. Пищевые сети основаны как на свободно плавающих морских водорослях, так и на водных растениях. Существует, как правило, разнообразное множество водной жизни, например, морские водоросли, улитки, рыбы, жуки, водные

жуки, лягушки, черепахи, выдры и ондатры. К главным хищникам относятся большая рыба, цапли и аллигаторы. Поскольку рыба является основным охотником на личинок амфибий, водоемы, которые высыхают каждый год, таким образом, убивая оседлую рыбу, предоставляют важное для размножения амфибий убежище. Водоемы, которые высыхают полностью каждый год, известны как весенние бассейны. Некоторые водоемы произведены деятельностью животных, включая норы аллигатора и запруды бобра, и они дают разнообразие ландшафту.

Речная экосистема. Главные зоны в речных экосистемах определены градиентом русла реки или скоростью течения. Быстрое движение турбулентной воды, как правило, содержит более высокие концентрации растворенного кислорода, который поддерживает большее биоразнообразие, чем медленно движущаяся вода бассейнов. Эти различия формируют основу для разделения рек на горные и равнинные. Пищевая база потоков в пойменных лесах главным образом происходит от деревьев, но более широкие потоки и те, которые испытывают недостаток в лесном пологом, получают большинство своей продовольственной основы от водорослей. Мигрирующие рыбы – также важный источник питательных веществ. Экологические угрозы рек включают потерю воды, дамбы, химическое загрязнение и завезенные виды. Дамба оказывает негативные последствия, которые продолжаются вниз до водораздела. Наиболее важные отрицательные эффекты – сокращение весеннего паводка, которое повреждает водно-болотные угодья, и недостаточное количество осадков, что приводит к потере дельтообразных заболоченных мест.

Экологические системы обладают способностью поддерживать относительно постоянный гомеостаз.

Гомеостаз – это способность сохранять постоянство внутреннего состояния. Это значит, что экологическая система в состоянии какое-то время поддерживать свою структуру и функции в постоянном состоянии при воздействии на нее других факторов. Гомеостаз бывает двух типов:

- резистентный гомеостаз – предполагает сохранение структуры и функции экологической системы при отрицательном влиянии внешних факторов;

- упругий гомеостаз – предполагает восстановление структуры и функции экологической системы в том случае, если некоторые ее компоненты были удалены.

Практическая деятельность человека прямо или косвенно отражается на численности природных популяций растений и животных, вызывая увеличение популяций одних видов, сокращение других, гибель третьих. Прямое воздействие человека заключается в непосредственном уничтожении видов. Это вырубка лесов, вытаптывание травостоя в местах так называемых пикников, стремление обязательно поймать и засушить яркую или необычную бабочку, желание собрать огромный букет красивых луговых цветов, чрезмерный отстрел животных на охоте.

Косвенное воздействие человека на живую природу заключается в загрязнении среды обитания живых организмов, ее изменении или даже разрушении. Так, популяциям водных растений и животных очень вредит загрязнение воды. Например, численность черноморской популяции дельфинов не восстанавливается, так как в результате поступления в морские воды огромного количества ядовитых веществ высока смертность особей.

В последние годы на всем протяжении Волги заметно участились заражения рыб. Так, в районе ее дельты у осетров и других рыб были обнаружены не свойственные им паразиты. Научный анализ подтвердил, что это – результат подавления иммунной системы рыб вследствие сбрасывания в Волгу технических отходов, а также стоков с рисовых полей в дельте.

Часто причиной сокращения численности и исчезновения популяций является разрушение их местообитания, раздробление крупных популяций на небольшие, изолированные друг от друга. Это может произойти в результате вырубки лесов, строительства дорог, новых предприятий, сельскохозяйственного освоения земель. Например, численность уссурийского тигра резко сократилась вследствие освоения человеком территорий в пределах ареала этого зверя и сокращения его кормовой базы.

Гибель зубров в Беловежской пуще – пример нарушения среды обитания популяции одного вида при переселении в нее популяций других видов, результат непродуманных действий человека. Зубры, долгое время живущие в пуще, держались сырых мест леса, заросших сочной травой. Питались они древесной корой и листьями с верхушек молодых деревьев, наклоня их ветви. В конце XIX в. в пущу поселили оленей, после чего стали замечать быструю гибель зубров. Оказалось, что олени объедали весь лиственный молодняк, тем самым оставили зубров без корма. Стали пересыхать ручейки, оставшиеся без прохлад-

ной тени листовенного прироста. Это затруднило и водопой зубров, которые пьют лишь чистую воду. Таким образом, олени, сами по себе безвредные для зубров, вызвали их гибель.

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 и определенный предел, когда экологическая система уже не в состоянии саморегулироваться. В подобных случаях начинают происходить необратимые последствия, которые в дальнейшем приводят к опасным экологическим катастрофам.

Проблемы, вызванные антропогенным воздействием, включают в себя:

- парниковый эффект;
- истощение озонового слоя;
- массовую вырубку лесов;
- промышленные отходы.

Все эти проблемы ведут к уменьшению или исчезновению определенных видов водных животных. Среди пресноводных обитателей встречаются такие виды, которые уже находятся на грани исчезновения.

В Красную книгу Республики Беларусь включены 9 видов рыб: стерлядь, атлантический лосось, кумжа, ручьевая форель, европейский хариус, европейская корюшка, голян озерный, обыкновенный усач, рыбец, а также другие обитатели водных экосистем: болотная черепаха, широкопалый рак, жаба камышовая, пиявка медицинская, озерная эвритемора, водомерка сфагновая, паук сплавной большой, плавунец широчайший, поводень двухполосный, беззубка узкая, перловица толстая, речная минога гребенчатый тритон, гусь-пискулька, серый журавль и др.

Контрольные вопросы

1. Какую роль играют водные обитатели в народном хозяйстве?
2. Как взаимодействуют гидробионты?
3. Как влияет человек на обитателей водоемов?

6. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА ВОДОЕМОВ

1. Особенности водных и прибрежных растений
2. Растительность водоемов, ее значение в природе, жизни животных, рыб и человека.
3. Эвтрофикация водоемов и ее сущность. Взаимосвязь водорослей и микроорганизмов. Их влияние на экологию водоемов.
4. Водные и прибрежные растения, занесенные в Красную книгу Республики Беларусь.

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 произрастают 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.

Мельчайшие низшие растения, например, синезеленые, зеленые и диатомовые водоросли, образуют 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 гидрофитов, 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.

Гидрофиты подразделяются:

- на эугидрофиты – 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. Аэрогидрофиты образуют своеобразную переходную группу между гидрофитами и гидрофитами.

Гигрофиты – растения местообитаний с избыточным увлажнением. Среди них выделяются:

- эугигрофиты – 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.

Функционально высшие водные растения принимают активное участие в круговороте вещества и энергии в водоемах. Им принадлежит ведущая роль в биотическом круговороте, образовании биологи-

ческой продукции, процессах самоочищения воды, образовании кормовой базы водных и околоводных 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.

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. 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.

Ресурсы водных растений наименее 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 кормовой, 131 лекарственный, 13 средообразующих, 153 фитомелиоративных, 94 биоцидных, 161 декоративный, 170 индикаторных и 9 этнических видов растений. Из 180 видов высших водных, прибрежно-водных и околоводных сосудистых растений, произрастающих в водоемах и водотоках Беларуси, 34 можно отнести к ряду ресурсообразующих, т. е. видов, имеющих высокую природную численность и плотность популяций, часто встречающихся на территории Беларуси, имеющих достаточный эксплуатационный запас сырья и рекомендуемых к промышленному и хозяйственному использованию: айр обыкновенный, белокрыльник болотный, вахта трехлистная, вербейник обыкновенный, вех ядовитый, водокрас обыкновенный, двукисточник тростниковый, дербенник иволистный, калужница болотная, касатик ложноайровый, 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.

Водоросли, как и все живые организмы, чувствительны к появлению новых или изменению параметров имеющихся факторов окружающей их внешней среды.

В водоемах в зависимости от экологических факторов (биотических и абиотических) формируются альгоценозы – фитопланктон, фитонейстон, фитобентос, фитоперифитон.

Фитопланктон формируют микроскопические водоросли. Они распределяются в толще воды. Пресноводный фитопланктон в основном представлен синезелеными, зелеными, диатомовыми, золотистыми, пиропитовыми и эвгленовыми водорослями.

Фитонейстон – это поверхностная пленка, состоящая из микроскопических водорослей.

Фитобентос представлен макро- и микроскопическими организмами, связанными в своем развитии с дном водоема, различными субстратами, находящимися на дне водоема.

Фитоперифитон – это водоросли, поселяющиеся в форме обрастаний на различных естественных и искусственных предметах, внесенных в воду.

Между планктонными организмами и условиями их существования наблюдается тесная связь.

На состав и распределение водорослей в водном ценозе оказывают влияние абиотические и биотические факторы.

Абиотические – это физические и химические факторы, к которым относятся свет, географическая широта, длина световой волны, наличие и количество гумусных веществ, окраска водной среды, мутность, температура и трофика водоема, наличие азота и фосфора, необходимых для синтеза белка, количество кислорода и углекислого газа, скорость течения воды, скорость ветра, pH воды и др.

Перемешивание воды может вызвать механическое травмирование водорослей. Повышение мутности воды, частая смена освещенности при вертикальном перемещении водорослей, уменьшение уровня воды, сокращение продолжительности освещения отрицательно сказываются на их жизнеспособности.

Бедность воды биогенными элементами и резкие колебания уровня воды ингибируют развитие водорослей.

Водоросли чувствительны к дефициту биогенных элементов, замене водорода дейтерием, тяжелой воде, анаэробным условиям, изменению температурного и светового режима, дисперсности и мутности воды, изменению химического состава и рН воды.

Химические параметры водной среды являются одним из основных факторов, влияющих на развитие тех или иных водных организмов.

В вегетационный период большое значение имеют такие физические факторы, как свет и температура.

Различные факторы водной среды распределяются в водоеме далеко неравномерно как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

В достаточно крупных водоемах комплекс факторов будет сильно отличаться в прибрежной (литоральной) зоне от таковых в открытой (пелагической) зоне. Если в литорали имеют место резкие суточные колебания температуры, значительное прогревание летом воды (почти до дна), то в пелагиали таких резких колебаний температуры нет.

Живое население почвы очень разнообразно и в видовом, и в количественном отношении.

Между разными обитателями биоценозов существуют многочисленные и разнообразные связи, в том числе касающиеся и почвенных водорослей.

Необходимым условием выживания любой живой системы, независимо от уровня ее организации, является адаптация к условиям окружающей среды.

Организм и среда, взаимодействуя между собой, выступают как целостная система, нарушение которой рано или поздно приведет организм к гибели.

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.

На группировки почвенных водорослей влияют самые различные факторы, к которым относятся севооборот, пестициды, известкование и антропогенные факторы, органическое загрязнение и окультуривание почвы, внесение удобрений, мелиоративные процессы, санитарное состояние и влажность почвы, состав и аэрация почвы, характеристика

почвы, интенсификация земледелия, температура, наличие света, радиоактивное облучение, растительный покров и травянистые фитоценозы.

Почва характеризуется механическим составом, рН. Почва непрозрачна, свет проникает на небольшую глубину по трещинам и промежуткам между почвенными частицами. В почве отмечаются резкие колебания температуры и влажности.

Одним из антропогенных влияний на почвенные водоросли является интенсификация земледелия, неизбежно оказывающая разнообразные значительные воздействия на почву и протекающие в ней разнообразные процессы.

Другим источником усиливающегося антропогенного влияния на почву и ее обитателей является загрязнение почвы промышленными, бытовыми и сельскохозяйственными отходами.

На количественный и качественный состав почвенных водорослей, так же как и на водные, действуют как прямо, так и опосредованно сезонные факторы.

Влияние на почвенные водоросли оказывают климатические факторы (температура, сезонность, количество и качество атмосферных осадков), солевой состав почвы, уровень грунтовых вод, состав и количество органических веществ, токсичность почвы и состав почвенного воздуха.

На видовой и количественный состав почвенных водорослей влияют географическая зона, рельеф местности, взаимоотношения с другими организмами, населяющими почву, в том числе и с высшей растительностью.

Наибольшим обилием и разнообразием водорослей отличаются почвы под культурами озимой пшеницы и трав. В почвах под пропашными культурами (кукурузы, сахарной свеклы и др.) водорослей меньше.

Развитие почвенных водорослей в ризосфере сельскохозяйственных культур (слой почвы 10–20 см) идет более интенсивно, чем на поверхности почвы (слой 0–3 см) и в почве без растений.

В ризосфере растений преобладают зеленые и синезеленые водоросли. Внесение органических удобрений и известкование в большей степени, чем внесение минеральных удобрений, стимулирует развитие водорослей. А это, в свою очередь, способствует стимуляции биологической активности почвы и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

На почвенные водоросли, так же как и на водоросли, обитающие в воде, оказывают влияние биотические факторы – взаимоотношения между живыми организмами в ценозе (между водорослями и высшими растениями почвы, между водорослями и животными организмами почвы, между разными видами водорослей почвы), а также наличие фагов, бактерий, вирусов, простейших и других организмов.

Для роста и развития различных систематических групп водорослей большое значение имеет минеральное питание (наличие азота, фосфора, железа, марганца, кремния), а также температура, свет и способность водорослей адаптироваться к действию коротковолновой части солнечного излучения.

В настоящее время в состав условно выделенной современной аквафлоры Беларуси входит 180 видов высших водных (71 вид), воздушно-водных (46 видов) и околородных (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 (чилима), гидрилла мутовчатая, каулиния гибкая, каулиния малая, кубышка малая, кувшинка белая, лобелия Дортмана, меч-трава морская, наяда большая, наяда морская, полунник озерный, прибрежница одноцветковая, 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 водяная, цицания широколистная) – культивируемыми дичающими и одичавшими.

В озерном фонде Республики Беларусь имеется 59 озер, являющихся местами произрастания редких и исчезающих охраняемых видов водной флоры, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. 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, 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, генофонда и отдельных экосистем живой природы. К основным неблагоприятным факторам, воздействующим на популяции редких и исчезающих видов водных растений, относятся природные и антропогенные. Среди *природных* – 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 реликтовых видов растений и животных, которые имеют большую научную и народнохозяйственную 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 околводных 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; оголаживание 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 жизни водоема?
2. Как взаимодействуют гидробионты и гидрофиты?
3. Как влияет человек на качественный и количественный показатель флоры водоемов?

7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОХРАНЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

1. Рациональные подходы использования воды. Системы оборотного водоснабжения и повторно-последовательного использования воды в производстве.

2. Общие принципы водоочистки. Методы водоочистки.

3. Мониторинг водных объектов. Классификация водоемов по загрязненности.

4. Водоохранные зоны. Рекреационные зоны. Биологическая реабилитация воды (предотвращение цветения воды).

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.

В результате такого рационального подхода, как повторное водоснабжение, можно сократить расход воды пригодной, для использования.

При повторном водоснабжении воду после использования в каком-либо технологическом процессе, сохранившую достаточно качественные показатели, без промежуточной обработки подают для повторного применения в систему водоснабжения. Например, тару для марочных продуктов (контейнеры, фляги и т. д.) после мойки повторной водой ополаскивают еще и питьевой. Эту воду можно повторно применять для первого ополаскивания, мойки полов, наружного обмыва автомашин, полива территории и т. д.

В оборотных системах водоснабжения воду используют многократно после соответствующей обработки (очистки, охлаждения, подогрева и т. д.).

Если при первом использовании вода в системе водоснабжения загрязняется, ее подают в очистные сооружения, после чего очищенную воду с помощью насосов вновь направляют для участия в технологическом цикле. В канализацию уходит небольшая часть воды с загрязнениями. Потери восстанавливают свежей водой. В системах оборотного водоснабжения можно использовать даже сточные воды после их биологической очистки.

Пример оборотного использования воды – охлаждающая вода в холодильных агрегатах. Нагретую в конденсаторах агрегатов воду охлаждают в градирных или брызгальных бассейнах и снова подают в конденсаторы. На предприятиях молочной промышленности повторно используют воду в пластинчатых пастеризационно-охладительных линиях.

Оборотное водоснабжение позволяет уменьшить расход свежей воды в десятки раз. Экономия свежей воды способствует сохранению водных ресурсов. При повторном и оборотном водоснабжении резко уменьшается количество сточных вод, тем самым меньше загрязняются водоемы.

На предприятиях нужно добиваться сокращения водопотребления свежей воды и водоотвода. Для этого необходимо внедрять безотходные технологические процессы и системы водоснабжения с повторным и оборотным использованием воды по замкнутому циклу с полной ее регенерацией.

Преимущества оборотной системы водоснабжения:

- уменьшается количество использования чистой воды из природных источников;
- снижаются затраты на сооружение водозаборных устройств, насосной станции первого подъема, водоводов, очистных сооружений природной воды;
- снижаются сбросы загрязненной воды в водоемы, облегчается задача охраны водоемов от загрязнения сточными водами, уменьшаются размеры и стоимость очистных сооружений и трубопроводов, отводящих отработавшую и очищенную воду.

Дополнительные затраты на водоохлаждающие устройства, очистные сооружения стоков, насосной станции оборотной воды быстро окупаются даже без учета экологических преимуществ.

Все оборотные системы подразделяют на локальные, централизованные и смешанные.

В *локальных системах* вода после восстановления потребительских качеств используется в обороте одного или последовательно в нескольких технологических процессах.

В *централизованных оборотных системах* отработавшая вода собирается со всех производств, проходит обработку (очистку, охлаждение) единым потоком и опять возвращается на производство.

При *смешанном водоснабжении* воды одной оборотной системы используются в другой оборотной системе. Например, из охлаждаю-

щей системы вода поступает в экстрагенную, из экстрагенной системы – в транспортирующую и т. д.

Если оборотная система работает без какого-либо сброса воды в источник, то она является замкнутой. Замкнутые системы наиболее ценны с экологической точки зрения. В бессточных, или замкнутых, системах водоснабжения на предприятиях вместо свежей воды используется доочищенная до норм качества технической воды смесь промышленных и бытовых сточных вод, предварительно прошедшая биологическую очистку. Биологически очищенные сточные воды, используемые в техническом водоснабжении, должны отвечать техническим, экономическим и санитарно-гигиеническим требованиям. Но и при соблюдении соответствующих норм такая вода не может использоваться в пищевой, мясомолочной и фармацевтической промышленности.

Для замкнутых систем коэффициент использования свежей воды равен единице, для оборотных систем коэффициент использования оборотной воды и коэффициент использования свежей воды всегда меньше единицы.

Системы оборотного водоснабжения сооружаются как по техническим условиям, так и по экологическим требованиям и экономическим соображениям.

По техническим условиям применение данной системы может оказаться просто необходимо потому, что дебет имеющегося природного водоисточника недостаточен для осуществления прямоточного водоснабжения. Необходимость оборотных систем обуславливается и экологическими требованиями. Применение оборотных систем позволяет снизить количество сбросов загрязненной воды в водоемы. Из экономических соображений использование оборотных систем водоснабжения позволяет снизить затраты на сооружение водозаборных устройств, насосных станций первого подъема, водоводов, очистных сооружений природной воды и канализационных линий.

Несмотря на широкое внедрение оборотно-повторного водоснабжения (в среднем до 75 %, а в некоторых отраслях и больше), промышленность ежегодно забирает из водных объектов около 50 км³ воды, в том числе 4 км³ морской. Свыше 30 км³ воды промышленные предприятия ежегодно сбрасывают в водные объекты, при этом всем видам очистки (механическая, биологическая и физико-химическая) подвергается лишь около половины сбрасываемых вод, примерно 5–7 % вод сбрасывается вообще без очистки.

Водоочистка (или очистка воды) – процесс удаления нежелательных химических веществ, биологических загрязнителей, взвешенных твердых частиц и газов, загрязняющих пресную воду. Окончательным результатом процесса очистки является получение питьевой воды, пригодной для использования с определенной целью. В зависимости от цели водоочистки употребляются и другие термины: водоподготовка и очистка сточных вод. Наиболее тщательно вода очищается и обеззараживается в процессе подготовки к использованию человеком для бытовых нужд (питьевая вода). Кроме того, очистка воды может производиться и для других целей, отвечающих другим требованиям, например, для медицинских целей или для применения в фармакологической, химической или других отраслях промышленности. В целом технологический процесс, используемый для очистки воды, включает в себя физические методы (фильтрация, седиментация, обратный осмос, дистилляция), биологические методы (организмы, поедающие мусор), химические методы (флокуляция, ионный обмен, хлорирование и использование электромагнитного излучения, например ультрафиолетового излучения).

Согласно приведенным в докладе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) данным, 1,1 млрд человек не имеют доступа к улучшенным источникам водоснабжения, из 4 млрд случаев диареи 88 % вызваны использованием небезопасной воды, а также неадекватной санитарией и гигиеной. Кроме того, по данным экспертов ВОЗ, ежегодно 1,8 млн человек умирают от диарейных заболеваний, из них в 94 % случаев развитие диареи можно предотвратить путем изменения условий окружающей среды, включая доступ населения к безопасной (очищенной и подготовленной) воде.

Использование относительно простых методов очистки и подготовки питьевой воды для бытовых нужд, например, хлорирования, применение фильтров для воды, дезинфекция солнечными лучами (УФО), а также хранение запасов питьевой воды в безопасных емкостях могло бы ежегодно спасти огромное количество человеческих жизней. Таким образом, основной целью организаций здравоохранения в развивающихся странах является снижение случаев смертности от болезней, вызванных употреблением некачественной питьевой воды.

В водоемах и геологических водоносных горизонтах содержатся все элементы Периодической таблицы, а также их неорганические и органические соединения. Отсюда берется и широкое многообразие примесей, которые и определяют критерии классификации методов

очистки воды. По используемым в них принципам действия они подразделяются на четыре группы:

- физические;
- химические;
- физико-химические;
- биологические.

Все перечисленные методы очистки воды, в свою очередь, имеют внутреннюю классификацию в зависимости от конкретного способа удаления тех или иных загрязнителей. Соответственно для каждого из них разрабатывается и изготавливается оборудование с необходимыми техническими характеристиками. Обычно для решения проблем водоподготовки используется комплекс из нескольких различных технологий.

Физические методы очистки воды рассчитаны преимущественно на удаление нерастворимых механических примесей. В их основе лежат различные физические факторы воздействия на жидкость и находящиеся в ней загрязнители:

- гравитационные;
- центробежные;
- излучение.

Физические методы очистки в среде специалистов принято называть грубыми, и они используются на предварительных стадиях водоподготовки. Применение их позволяет снизить нагрузку и сохранить ресурс более сложных и дорогостоящих систем удаления мелкодисперсных, растворимых и иных примесей.

Физические способы очистки воды позволяют избавиться от твердых примесей и микроорганизмов. Для удаления нерастворимых загрязнителей используются следующие физические методы водоподготовки:

- процеживание;
- отстаивание;
- фильтрование.

Для обеззараживания воды успешно применяется жесткое ультрафиолетовое излучение от специальных ламп. Выбор того или иного метода водоочистки и дезинфекции определяется исходя из требований заказчика.

Ультрафиолетовая обработка – наиболее эффективный способ очистки воды от различных видов микроорганизмов. Он предполагает облучение воды при помощи специальных ламп с длиной волны от 200

до 400 нм. Обеззараживание жидкости ультрафиолетовым излучением осуществляется после предфильтрации и удаления механических частиц, снижающих проницаемость жидкости для световых лучей. Жесткое излучение вызывает фотохимические реакции в наследственных структурах клетки, что приводит к нарушению процессов ее жизнедеятельности и гибели.

Главным преимуществом такого способа дезинфекции в системах очистки воды является сохранение ее исходного минерально-химического состава и иных свойств. При этом ее органолептические качества также не изменяются. Данный метод широко используется для обработки питьевой воды.

Химические способы очистки воды предполагают использование особенностей взаимодействия между содержащимися в жидкости соединениями и отдельными элементами. Эффективность очистки воды методами химических реакций состоит в том, что они позволяют избирательно удалять определенные виды загрязнений, не затрагивая иные свойства воды. Одними из главных преимуществ таких технологий водоподготовки являются высокая скорость процессов и универсальность. Химические методы очистки воды применяются для удаления солей жесткости, некоторых металлов, органических веществ и патогенной микрофлоры.

Химические методы водоподготовки, используемые для очистки воды, позволяют разлагать токсичные и вредные соединения на безопасные. Различают следующие типы реакций:

- нейтрализующие;
- окисляющие;
- восстанавливающие.

В большинстве случаев загрязнители в результате воздействий переходят в нерастворимое состояние. Твердые частицы, в свою очередь, либо отфильтровываются, либо выпадают в осадок.

Физико-химические способы водоподготовки воздействуют на следующие виды примесей:

- растворенные в жидкости газы;
- тонкодисперсные загрязнители (жидкие или твердые);
- ионы щелочноземельных и тяжелых металлов.

Физико-химические способы водоподготовки применяются как на стадии предварительной обработки, так и в ходе глубокой (тонкой) очистки. Они обеспечивают высокую эффективность, вместе с тем для их реализации требуется сложное дорогостоящее оборудование.

Очистка воды физико-химическими способами реализуется посредством:

- использования свойств тонкодисперсных сред;
- воздействия растворенных в жидкости газов;
- изменения состояния входящих в состав примесей ионов.

К данной группе технологий водоочистки относятся флотация, сорбция, экстракция, ионообмен, электродиализ, обратный осмос и термическая обработка. Применение означенных способов возможно как на предварительных стадиях водоподготовки, так и на завершающих для удаления сложных видов загрязнений.

Флотация. В настоящее время во многих источниках водоснабжения наблюдается повышенное содержание нефтепродуктов. Для их удаления и применяется флотация – метод очистки воды с уникальными характеристиками. Для удаления из жидкости твердых и гидрофобных примесей сквозь нее пропускается воздух или инертный газ. В результате прохождения пузырьков сквозь толщу воды на ее поверхности образуется пена, содержащая загрязнители. Некоторые разновидности примесей из-за особенностей процесса смачивания закрепляются на границе раздела жидкой и газообразной среды. Образующаяся при этом пена легко удаляется при помощи несложных приспособлений.

Сорбция. Пористые материалы обладают способностью поглощать некоторые виды примесей при поверхностном контакте или пропускании сквозь них. Сорбционные методы по очистке воды обеспечивают надежное удаление поверхностно-активных веществ, ядохимикатов и фенольных соединений. В качестве фильтрующих веществ используются активированный уголь, силикагели и другие вещества. Технология применяется преимущественно на завершающих стадиях глубокой очистки.

Экстракция. Данный способ очистки воды состоит в том, что в нее добавляются связывающие загрязнения вещества. Для ускорения процессов экстракции жидкость перемешивается, а затем отстаивается в специальных емкостях. Примеси переходят в экстрагент, который легко отделяется от рафината – чистой воды. Впоследствии концентрат примесей утилизируется или поступает на переработку для дальнейшего использования. Экстракция обеспечивает надежное удаление различных видов органических веществ, в том числе фенольных соединений.

Ионообмен. Новые методы в очистке воды, основанные на изменении состояния заряженных частиц, получают все более широкое распространение. Ионообменные технологии применяются в основном для снижения жесткости и обезжелезивания. В процессе водоподготовки происходит обмен ионами между примесями и специальными веществами: катионитами и ионитами. Последние могут иметь природное происхождение: сульфогли и цеолиты, а также синтетическое: специальные высокомолекулярные смолы.

Электродиализ. Этот способ очистки воды представляет собой комбинацию электрического воздействия и мембранного метода. Очищаемая жидкость пропускается последовательно через две камеры, в первой из них происходит процесс деминерализации, во второй – накопление концентрированных растворов загрязнителей. Метод электродиализа применяется для снижения жесткости воды и восстановления стоков на химических и нефтехимических производствах.

Термические методы:

- выпаривание (дистилляция);
- вымораживание;
- термическое окисление.

Термические методы обеспечивают удаление или нейтрализацию сложных примесей, в том числе слабо разлагающихся и токсичных. Основной их недостаток – высокие энергозатраты.

Биологические методы очистки воды предусматривают использование некоторых живых организмов, обладающих способностью поглощать или разлагать органические и неорганические загрязнения. Это наиболее перспективный способ для очистки воды, особенно стоков. В последнее время данный метод получает все более широкое распространение. Биологические методы водоочистки предусматривают использование простейших: различные виды бактерий, грибов и водорослей, а также многоклеточных – мотыля и красных червей.

В настоящее время применяются следующие биологические методы и системы очистки воды:

- пруды биологические;
- поля фильтрации;
- биофильтры;
- аэротенки (окситенки);
- метатенки.

Для защиты открытых водных объектов от воздействия антропогенного фактора необходимо создание прибрежных водоохраных зон, позволяющих максимально снизить антропогенное влияние.

Установление водоохраных зон, прибрежных полос и укрепление береговой зоны биоинженерным методом представляются весьма актуальными задачами, поскольку водоохраные зоны обладают очень важными природоохранными функциями, включая функции сохранения биологического разнообразия и поддержания качества воды. Зеленые насаждения и высшие водные растения можно рассматривать в качестве надежного способа берегоукрепления, защищающего берег от эрозии и формирующего экосистему прибрежной зоны вокруг водоема. Биоинженерный метод крепления берега позволяет восстановить водоохранную зону, образуя зеленую подстилку и тем самым предотвращая прямое попадание в водоем загрязненных поверхностных стоков.

Водоохранной зоной является территория, примыкающая к акваториям рек, озер, водохранилищ и других поверхностных водных объектов, на которой устанавливается специальный режим хозяйственной и иных видов деятельности с целью предотвращения загрязнения, засорения, заиления и истощения водных объектов, а также сохранения среды обитания объектов животного и растительного мира.

Соблюдение специального режима на территории водоохраных зон является составной частью комплекса природоохранных мер по улучшению гидрологического, гидрохимического, гидробиологического, санитарного и экологического состояния водных объектов и благоустройству их прибрежных территорий.

В пределах водоохраных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения природопользования.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные направления охраны и рационального использования водных ресурсов в Республике Беларусь.
2. Назовите способы и методы очистки воды.
3. Каким образом можно минимизировать влияние человеческой деятельности на открытый водоем?

8. ПРАВОВОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ

1. Правовое обеспечение экологической безопасности водных ресурсов.
2. Правовая охрана окружающей среды. Право природопользования.
3. Международно-правовая деятельность в области охраны окружающей среды.

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.

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

Задачами 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 лимитов водопользования;
- установление нормативов платы за водопользование и водопотребление;
- 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;
- 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;
- возмещение ущерба, причиненного водным объектам и здоровью людей.

В экономическом механизме, обеспечивающем рациональное использование и охрану вод, особое место отводится платности водопользования. Причем внесение платы за воду не освобождает водопользователей от выполнения мероприятий по рациональному 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).

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 водные объекты;

- 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** охраны водных ресурсов, 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 Беларусь 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, использования 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, водохозяй-

ственный 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 принципиальные направления развития водного хозяйства страны, что позволяет достаточно четко выявить технико-экономическую целесообразность и очередность проведения наиболее крупных водохозяйственных мероприятий. На ее основе 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 Беларусь.

В-третьих, проводится мониторинг водных объектов. 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 воды (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 водоохранных 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.).

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

3. **Установление зон и округов санитарной охраны.** Такие зоны устанавливаются в целях охраны водных объектов, используемых для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также содержащих природные лечебные ресурсы.

Исходной базой прогнозирования и планирования использования водных ресурсов являются данные водного кадастра и учета расхода 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 требо-

ваний, 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 отраслей 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 водоохраных 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 в республике 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 км³. 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;

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, ухудшению условий существования диких животных, 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 для 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 (раздел VII) 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 генеральные, бассейновые и территориальные. Генеральная схема использования и охраны вод разрабатывается для определения основных направлений развития водного хозяйства страны; бассейновая схема – для бассейнов рек и других водных объектов на основе генеральной схемы; региональная – для отдельных регионов страны на основе генеральной и бассейновой схем.

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 водоохраных 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.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой экологическое нормирование?
2. Что представляет собой система экологической сертификации?
3. Назовите составные части системы экологического нормирования.

ГЛОССАРИЙ

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

Автотроф – 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 (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 – факторы, возникающие в результате человеческой деятельности.

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

Арендная плата – плата за земли, переданные в аренду (пользование). Размер арендной платы определяется исходя из экономической оценки участка, предоставляемого в аренду, затрат на воспроизводство (поддержание состояния) и устанавливается по взаимному соглашению арендодателя и арендатора в договоре.

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 (в основном азот, кислород и аргон) 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 данного вида.

Бабл-принцип (принцип «пузыря», «облака») заключается в том, что норматив выбросов устанавливается для всего региона, а находящиеся в нем предприятия могут совместно найти оптимальный вариант его соблюдения. Цель бабл-принципа – дать возможность предприятиям достигать наибольшей экономической эффективности за счет оптимального перераспределения выбросов между участниками рынка.

Бактериологическое (биологическое) оружие – бактериальные средства (бактерии, вирусы и др.), яды (токсины), предназначенные для массового поражения людей. Используется с помощью живых переносчиков заболеваний (грызунов, насекомых и др.) либо в виде боеприпасов, начиненных зараженными порошками или жидкостью.

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.

Банки выбросов – специальные банки, в которые фирмы, сократившие объем выбросов ниже требуемого уровня, могут положить аккредитив, полученный на разницу в выбросах, чтобы впоследствии продать или использовать его при расширении производства. Такие банки облегчают процесс купли-продажи прав на выбросы.

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.

Безотходная технология – технология, дающая теоретически достижимый минимум отходов всех видов.

Бензол – органическое соединение, высокотоксичная бесцветная горючая жидкость, слабо растворимая в воде, с большим трудом поддается разложению, загрязнитель атмосферного воздуха, обладающий

канцерогенными свойствами; образуется в результате очистки нефти, каменного угля (при коксовании); используется как добавка к моторным топливам, а также является исходным материалом при производстве синтетического каучука, полимеров, красителей, инсектицидов и др.

Бензо(а)пирен – наиболее известное вещество из группы полициклических ароматических углеводородов, образуется при нагревании органических материалов в условиях недостатка кислорода; широко распространенный канцероген, присутствует в выхлопных газах автотранспорта, в промышленных отработанных газах.

Биоаккумуляция – накопление веществ (техногенных загрязнителей) в организмах высоких 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.

Биоинтервал фактора – участок диапазона изменений (градиента) какого-либо количественного фактора среды, в пределах которого возможно существование организма данного вида.

Биологическая очистка сточных вод – метод очистки промышленных и коммунально-бытовых стоков, основанный на способности живых организмов (преимущественно микроорганизмов) разрушать и микробиализовать содержащиеся в них органические вещества.

Биологическая продуктивность – способность организмов и их сообществ производить биологическую продукцию.

Биологическая продукция – количество органической массы (биомассы), производимое организмами, входящими в состав того или иного сообщества, в единицу времени (обычно за год) на единицу площади (для наземных и донных биоценозов) или на определенный объем (для водных или почвенных биоценозов). Зависит от обеспеченности теплом и влагой, а также от содержания минеральных питательных веществ в жизненной среде биоценозов.

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 русским ученым-естествоиспытателем В. И. Вернадским.

Биосферный заповедник – 1) строго охраняемый обширный природный участок, практически не испытывающий воздействия окружающих ландшафтов, преобразованных человеком; 2) территория, на

которой производится наблюдение за антропогенными изменениями природной среды с помощью приборов или биоиндикаторов.

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.

Биоцид (от лат. *caedo* – убиваю) – 1) химический препарат, способный уничтожить все живое; 2) полное истребление жизни на значительных территориях.

Биоцикл (от греч. *bios* – жизнь и *kyklos* – 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.

Биржи прав на загрязнение – посреднические организации, осуществляющие проведение сделок по купле-продаже прав на выбросы.

Бонитет леса – показатель продуктивности леса, зависящий от природных условий (климата, почвы) и от воздействия человека на лес (ухода за ним). Основным показателем продуктивности насаждений принята средняя высота насаждений определенного возраста.

Бонитировка – сравнительная качественная оценка почв (лесной растительности и пр.) по разработанным шкалам применительно к данной местности.

Ботанические сады и дендрологические парки – коллекции деревьев и кустарников, созданные человеком с целью сохранения биоразно-

образа и обогащения растительного мира, а также в научных, учебных и культурно-просветительских целях.

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 запасы составляют около 1454,3 млн. км³ (из них менее 2 % относятся к пресным водам, доступны для использования 0,3 %). При рациональном использовании непрерывно возобновляются в процессе круговорота воды на Земле. Истощение водных ресурсов в результате потери их качества представляет большую угрозу, чем их количественное истощение (1 м³ неочищенных сточных вод загрязняет и делает непригодными 40–50 м³ естественной речной воды).

Водный кадастр – систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны. Содержит данные учета вод по количественным и качественным 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 1,5–2,0 км², 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 воз-

вращением 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 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.

Восстановление водного объекта – проведение комплекса мероприятий, направленных на достижение нормативов качества воды поверхностных водных объектов и гигиенических нормативов безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования.

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

Вторичное засоление почвы – процесс накопления солей натрия, кальция, магния в верхних слоях почвы в концентрациях, недопустимых для нормального роста и развития растений.

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.

Вторичные материальные ресурсы – экономически целесообразные отходы.

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 влияют 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.

Гидрологический режим – изменения во времени и пространстве состояния поверхностного водного объекта, включая изменения глубины, скорости течения, объема и температуры воды в поверхностном водном объекте, в том числе обусловленные природно-климатическими условиями, последствиями осуществления хозяйственной и иной деятельности.

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) – темно-окрашенное 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 – 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 потребительской ценности.

Деградация почвы – снижение плодородия почвы, вызванное ухудшением ее свойств (разрушение структуры, вымывание питательных

веществ и др.) в результате изменения условий почвообразования или хозяйственной деятельности человека.

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

Депопуляция – уменьшение численности популяции, населения.

Деструкторы – организмы, разрушающие органические вещества до простых, вплоть до неорганических соединений (см. редуценты).

Детергенты – поверхностно-активные синтетические вещества, используемые в быту и промышленности как моющие средства и эмульгаторы. Одна из основных групп веществ, загрязняющих водоемы. Эти вещества с трудом подвергаются разложению с помощью микроорганизмов.

Детиоризация – деградация, снижение биопродуктивности и экологического разнообразия экосистем.

Дефолианты – средства защиты растений, гербициды общего действия; приводят к потере растениями листьев, бесплодию, нарушениям роста и гибели растений; воздействуют на людей, приводят к отравлению, а при высоких концентрациях – к смерти в результате паралича дыхательных путей.

Дефолиация – искусственное уничтожение листвы растений химическими агентами (дефолиантами) в целях ускорения вызревания или облегчения механизированной уборки урожая (например, хлопка).

Децибел – единица измерения скорости звука, равная 0,1 логарифма отношения данной силы звука к пороговой (воспринимаемой ухом человека) его интенсивности. Диапазон слышимых звуков для человека составляет от 0 до 170 дБ. Высота уровня шума более 60 дБ вызывает у человека жалобы, при 90 дБ органы слуха начинают деградировать, 110–120 дБ считается болевым порогом, а уровень антропогенного шума свыше 130 дБ – разрушительный для органа слуха предел.

Диапазон устойчивости – диапазон условий, в пределах которого организм или популяция может жить и размножаться; в его пределах существует зона оптимума, т. е. наилучшие условия существования.

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

Диоксин – наиболее токсичное химическое соединение, относящиеся к классу полихлорированных дибензодиоксидинов; имеет канцерогенное, тератогенное и мутантное действие, заметно влияет на способность к деторождению; может поступать в организм человека или животного через кожу, с вдыхаемым воздухом или с пищей (особенно

богатой жирами). Источником поступления диоксина в атмосферный воздух является сжигание бытового мусора, содержащего пластиковые массы. Диоксины могут образовываться в качестве побочных примесей при производстве, обработке и сжигании любых хлорированных углеводов.

Дифференциальная рента – дополнительная прибыль, возникающая в результате более благоприятных природных свойств используемого природного ресурса (лучшего качества, удобного местоположения, большей легкости его извлечения и т. д.).

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.

Естественный отбор – процесс выживания и воспроизводства наиболее приспособленных к изменяющимся условиям среды организмов и вымирания в ходе эволюции неприспособленных.

Естествознание – совокупность наук о живой и неживой природе.

Живое вещество – совокупность тел живых организмов, населяющих Землю.

Загрязнение среды – 1) привнесение в какую-либо среду или возникновение в ней новых, обычно нехарактерных для нее физических, химических или биологических агентов или превышение естественного среднесноголетнего 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. Возникает в результате естественных причин и под влиянием деятельности человека.

Заказник – участок природной территории, на котором вводятся ограничения на один или несколько видов хозяйственной деятельности человека в целях сохранения, возобновления и воспроизводства определенных видов природных ресурсов, охраны животных, растений, биогеоценозов или ландшафта в целом.

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

Замкнутый цикл производства – совокупность технологических процессов, обеспечивающих в процессе производства полную переработку сырья в полезную для человека продукцию без образования и выброса в окружающую среду значительных количеств вредных веществ и отходов.

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

Заповедник государственный – одна из форм охраны природы, служащая для сохранения в естественном состоянии всего природного комплекса участка территории или акватории – эталонов нетронутой природы, ценных в научном и учебно-просветительском отношении, навечно изъятых из традиционного хозяйственного использования

Засоление почвы – аккумуляция в почве легкорастворимых солей в токсичных для растений количествах в результате избыточного их поступления с грунтовыми или поверхностными водами. Один из видов химического загрязнения почв.

Земельные ресурсы – совокупность земельных массивов, используемых или пригодных к использованию в качестве средств производства и источников удовлетворения разнообразных хозяйственных потребностей общества. Один из главных видов природных ресурсов.

Земельный налог – плата за право пользования земельным участком. Размер земельного налога устанавливается в виде стабильных платежей за единицу земельной площади в расчете на год. Он не зависит от результатов хозяйственной деятельности, но учитывает качественные характеристики земель.

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 ее 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, степень исследованности, формы собственности, эколого-экономическое значение 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, непригодных 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 количественного 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 необдуманном 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).

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

Лесистость – отношение покрытой лесом площади к общей площади территории района, области, края, страны.

Лесной фонд – совокупность всех лесов естественного происхождения и искусственно выращенных, а также земель, не занятых лесом, но используемых или отведенных для нужд лесного хозяйства (просеки, дороги, сельхозугодья).

Лесные ресурсы – все пригодные к использованию запасы древесины и продуктов побочного пользования (пушнины, дичи, грибов, ягод, лекарственных растений и т. д.), сосредоточенные в лесах. Имеют защитное, оздоровительное и эстетическое значение.

Лимитирующий фактор – фактор, в первую очередь ответственный за ограничение роста и (или) размножения организма или популяции; может быть физическим (например, температура, свет), химиче-

ским (например, вода, биогены), биологическим (например, конкуренция).

Лимиты на природопользование – предельные объемы природных ресурсов, выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, размещения отходов производства, которые устанавливаются для предприятий-природопользователей на определенный срок (например, лимиты потребления вод, по отлову животных и др.).

Лицензия (разрешение) на комплексное природопользование – документ, удостоверяющий право его владельца на использование в фиксированный период времени природного ресурса (земель, вод, недр и др.), а также на размещение отходов, выбросы и сбросы.

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.

Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) – международная неправительственная организация, основными направлениями деятельности которой является 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.

Минерализация – разложение органических веществ (почвы) на углекислый газ (CO₂), воду и другие простые неорганические вещества.

Минерально-сырьевые ресурсы – природные вещества минерального происхождения, которые используются для получения энергии,

сырья и материалов; служат минерально-сырьевой базой народного хозяйства.

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.

Монокультура – многолетнее выращивание одного и того же вида культурных растений на одном и том же участке. Ведет к постепенной деградации почвы, создает условия для интенсивного размножения приуроченных к возделываемой культуре сорняков, вредителей и возбудителей болезней, поэтому с хозяйственной и экологической точек зрения нецелесообразна.

Мутагены – вещества или физические агенты, способные вызывать мутации.

Мутация – изменение в генетическом аппарате организма, приводящее к наследуемому изменению признаков или к гибели организма.

Национальный парк – изъятая из хозяйственного использования, особо охраняемая обширная территория, в пределах которой охрана естественной среды от вредного влияния антропогенных факторов сочетается с деятельностью по организации отдыха населения и природоохранительным просвещением; одна из форм заповедования.

Нитраты – соли азотной кислоты (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 (HNO_2), которые используются в пищевой промышленности для посола мяса и рыбы и придания изделиям более привлекательного вида. Нитриты предотвращают возникновение опасных бактериальных инфекций (например, ботулизма). Способны реагировать в организме с аминами, образуя канцерогены.

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.

Нормативная цена земли – показатель, характеризующий стоимость участка определенного качества и местоположения исходя из потенциального дохода за расчетный срок окупаемости. Нормативная цена земли устанавливается на основании земельной ренты.

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 целям производства обработки) при очень ограниченном их сбросе (до 3 %) в водоемы.

Озон – трехатомная молекула кислорода (O_3), обладающая большой химической реактивностью и токсичностью.

Озоновый экран – слой атмосферы с повышенной концентрацией озона (плотность озона в 10 раз превышает плотность его у поверхности Земли) на высоте 25–35 км. Слой озона задерживает большую часть жесткого космического излучения, губительного для всего живого.

Ойкумена – населенная часть суши. Охватывает всю сушу, за исключением Антарктиды и некоторых полярных островов.

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.

Окультуривание почв – направленное воздействие человека на почвы, вовлеченные в сельскохозяйственное производство, с целью увеличения плодородия. Окультуривание почв заключается в обогащении почвы питательными веществами, устранении сильной кислотности

или сильной щелочности, активизации биологической деятельности и других мероприятиях, создающих в почве оптимальные условия для растений.

Опустынивание – уменьшение или уничтожение биологического потенциала земельного пространства, сопровождающееся сокращением его водных ресурсов, исчезновением сплошного растительного покрова, обеднением и перестройкой фауны и возникновением других условий, близких или аналогичных условиям пустыни.

Основные производственные природоохранные фонды – часть основных производственных фондов; состоят из зданий, сооружений, машин и оборудования, которые используются для целей охраны окружающей среды.

Отходы – не используемые непосредственно в местах их образования отходы производства, быта, транспорта и др., которые могут быть реально или потенциально использованы как продукты в других отраслях народного хозяйства или в ходе регенерации.

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 природы. 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.

Памятники природы – отдельные природные объекты, охраняемые или заслуживающие охраны по своему научному, учебно-просветительскому, историко-мемориальному или культурно-эстетическому значению. Примеры памятников природы – водопад, пещера, утес, уникальное геологическое обнажение, примечательное дерево и т. п. В более широком значении к памятникам природы относятся также достопримечательные участки территорий или акваторий, например, метеоритный кратер, роща редких деревьев, участок долины или побережья и т. п.

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

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

Плата за природопользование – плата за право пользования природными ресурсами, плата за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ, размещение отходов, штрафы за сверхнормативное и нерациональное использование природных ресурсов, выплаты на воспроизводство и охрану природных ресурсов.

Полезное ископаемое – минеральное образование земной коры, которое может быть эффективно использовано в сфере материального производства. Формируется в ходе геологической истории под влиянием экзогенных и эндогенных процессов. Скопления полезных ископаемых образуют месторождения, а при больших площадях распространения – районы, провинции и бассейны.

Поллютант – вещество (техногенный загрязнитель), способное причинять вред окружающей среде или здоровью человека.

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.

Почва – природное тело, возникшее в результате преобразования поверхностных слоев литосферы под совместным воздействием воды, воздуха и живых организмов; обладает таким свойством, как плодородие.

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 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 производства для удовлетворения материальных и культурных потребно-

стей общества. Главные виды природных ресурсов – водные, земельные, минеральные ресурсы, растительность, ресурсы животного мира.

Природные условия – совокупность объектов, явлений и факторов природной среды, имеющих существенное значение для материально-производственной и непродуцированной 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) – 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.

Радиофобия – пограничное предболезненное состояние человека, вызванное страхом радиационного поражения, по оправданным или воображаемым причинам.

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.

Рекультивация – комплекс мер, направленный на восстановление ранее нарушенного природного ландшафта, а также продуктивности нарушенных земель.

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.

Реутилизация – повторная, иногда многократно-последовательная переработка образовавшихся ранее производственных или иных отходов, имеющая целью извлечение из них остаточных количеств ценных компонентов либо использование их в качестве исходного сырья для производства других продуктов (например, шлаков для производства стройматериалов).

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.

Римский клуб – международная научная (неправительственная) организация, созданная в 1968 г. в Риме по инициативе итальянского экономиста Аурелио Печчеи. Деятельность Римского клуба направлена на разработку стратегии по разрешению многих глобальных экологических проблем: истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды, проблема продовольствия и др.

Рубки ухода – постоянное удаление части древостоя, имеющее целью создание условий, наиболее благоприятных для роста ценных (основных) лесных пород.

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.

Смог – загрязнение атмосферы в виде аэрозольной пелены, дымки, тумана, образующихся в результате интенсивного поступления в атмосферу пыли, дыма, выхлопных и промышленных газов, других загрязняющих веществ. Различают влажный смог лондонского типа (смесь газообразных загрязнителей, пыли и тумана) и фотохимический смог лос-анджелесского типа (вторичное загрязнение воздуха в результате химических реакций, сопровождающихся появлением озона).

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 свой состав 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.

Сукцессия (от лат. *successio* – преемственность, наследование) – направленные необратимые изменения растительного покрова (в широком смысле – биоценозов), при которых одни сообщества последовательно сменяются другими.

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

Тератогены – вещества или физические агенты, которые при действии на родительские организмы способны вызвать врожденные уродства у потомства.

Террикон – конусообразный отвал из пустой шахтной или рудниковой горной породы. Обычно содержит большое количество фитотоксичных пород, поэтому техническая рекультивация террикона должна включать мероприятия по их нейтрализации.

Техногенез (от греч. *techne* – искусство, ремесло, мастерство и *genesis* – происхождение, рождение) – происхождение и изменение ланд-

шафтов 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 – выносливость вида по отношению к колебаниям какого-либо экологического фактора, причем диапазон между экологическим минимумом и максимумом фактора составляет предел толерантности (от лат. «терпение»).

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, потери, связанные с ухудшением здоровья населения, сокращением длительности трудового периода и жизни людей.

Фауна (от лат. *Fauna* – богиня лесов и полей, покровительница животных в римской мифологии) – 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.

Формальдегид – важнейший химический продукт, который используется для изготовления искусственных смол, связывающих вещество древесных материалов (например, древесно-стружечных и древесноволокнистых плит), при обработке тканей в текстильной промышленности, в качестве дезинфекционного средства и консерванта, содержится в косметических изделиях, выхлопных газах автомобилей, сигаретном дыме. Формальдегид способен вызывать аллергические реакции, имеются данные о его канцерогенных свойствах. Предельно допустимая концентрация (ПДК) формальдегида для воздуха внутренних помещений составляет 0,12 мг/м³.

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.).

Фотохимический смог – вторичное загрязнение воздуха, возникающее в результате разложения первичных загрязнителей атмосферы под воздействием солнечного излучения. Наблюдается в виде желтоватой пелены, главный его ядовитый компонент – озон; содержит также окислы азота, перекись ацетилнитрата, азотную кислоту и другие соединения, образующиеся при фотохимическом преобразовании промышленных и транспортных выбросов. Развитию фотохимического смога способствует сухая и безветренная погода, высокая степень первичного загрязнения.

Фреоны (хладоны) – хлорфторуглероды – высоколетучие, химически инертные у земной поверхности вещества, широко применяемые в

производстве и в быту в качестве хладагентов, распылителей в аэрозольных упаковках, пенообразователей. Фреоны в верхних слоях атмосферы подвергаются химическому разложению, что приводит к разрушению озонового слоя (экрана) и возникновению «озоновых дыр».

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 полити-

ка – 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, который состоит 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, свойственный 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 организмами 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.

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

Эффект суммации – одновременное сходное воздействие на организм человека нескольких веществ, суммарная концентрация которых может превышать допустимую, установленную для каждого вещества в отдельности.

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.

Эрозия почвы (от лат. *erosio* – разъедание) – разрушение верхних, наиболее плодородных горизонтов почвы талыми, дождевыми или оросительными водами (водная эрозия почвы) или ветром (ветровая эрозия почвы). По преобладающим факторам, вызывающим эрозию почвы, выделяют следующие ее виды: геологическую (денудацию), антропогенную, возникающую в результате неправильной обработки и использования почв, а также ирригационную, вызываемую оросительными водами, и пастбищную (разрушение дернины под влиянием чрезмерного выпаса скота). По виду разрушения почвы различают эрозию почвы линейную (овражная, глубинная), плоскостную (поверхностный смыв) и капельную (разрушение почвы ударами дождевых капель).

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 – 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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радкевич, В. А. Экология : учебник / В. А. Радкевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : Выш. шк., 1997. – 159 с.
2. Маврищев, В. В. Общая экология : курс лекций / В. В. Маврищев. – 2-е изд., исп. – Минск : Новое знание, 2004. – 298 с.
3. Общая и ветеринарная экология : учебник / А. И. Ятусевич [и др.]; под ред. А. И. Ятусевича, В. А. Медведского. – Минск : ИВЦ Минфина, 2009. – 302 с.
4. Соколовский, Н. К. Эколого-экономические проблемы использования и охраны природных ресурсов / Н. К. Соколовский. – Минск : БГЭУ, 2000. – 119 с.
5. Матюшев, П. С. Экология : учебник / П. С. Матюшев. – Иваново, 2004. – 716 с.
6. Федорук, А. Т. Экология / А. Т. Федорук. – Минск : Выш. шк., 2010. – 464 с.
7. Рябчиков, А. К. Экономика природопользования : учеб. пособие / А. К. Рябчиков. – Москва, 2003. – 315 с.
8. Семенова, Л. М. Экологические проблемы Республики Беларусь / Л. М. Семенова. – Гомель, 2003. – 187 с.
9. Федцов, В. Г. Экология и экономика природопользования / В. Г. Федцов, Л. А. Дрягилев. – Москва, 2003. – 232 с.
10. Валова, В. Д. Основы экологии : учеб. пособие / В. Д. Валова. – Москва : Дашков и К, 2002. – 264 с.
11. Хван, Т. А. Экология. Основы рационального природопользования : учеб. пособие / Т. А. Хван, М. В. Шинкина. – Москва : Юрайт, 2011. – 319 с.
12. Маврищев, В. В. Основы общей экологии : учеб. пособие / В. В. Маврищев. – Минск : Выш. шк., 2000. – 317 с.
13. Лукьяненко, В. И. Экологические аспекты ихтиопатологии / В. И. Лукьяненко. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 240 с.
14. Арустамов, Э. А. Экологические основы природопользования / Э. А. Арустамов, Н. В. Баркалова, И. В. Левакова. – Москва, 2005. – 316 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Экология водных объектов разных видов	4
2. Направления и проблемы использования водных ресурсов	9
3. Источники и факторы загрязнения водоемов	17
4. Влияние рыбоводных хозяйств на окружающую среду	27
5. Экология и охрана животного мира водоемов	36
6. Экология и охрана растительного мира водоемов	45
7. Основные направления охраны и восстановления водных ресурсов	55
8. Правовое и экономическое регулирование охраны водных ресурсов Беларуси	64
Глоссарий	74
Библиографический список	102

Учебное издание

Дуктов Александр Петрович
Лавушев Виктор Иванович

ЭКОЛОГИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

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

Подписано в печать 13.05.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 6,04. Уч.-изд. л. 5,47.
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.