

Опорный конспект лекций

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 использования 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 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 относится к малым равнинным рекам. Статус достаточно крупных рек, длина которых – более 500 км, имеют только семь рек – Западная Двина, Неман, Вилия (бассейн Балтийского моря), Днепр, Березина, Сож и Припять (бассейн Черного моря). Основная часть местного стока образуется в бассейнах Днепра с Березиной и Сожем (11,6 км³ в год) и Немана с Вилией (9,26 км³ в год). Значительно меньше приходится на бассейны Западной Двины (7,01 км³ в год) и Припяти (6,97 км³ в год). Транзитные воды поступают в Беларусь большей частью по Западной Двине (7,29 км³ в год) и Припяти (5,74

км³ в год), остальные транзитные воды (7,67 км³ 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 км²), Освейское (52,8 км²), Лукомское (37,7 км²), Дривяты (36,1 км²), 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 заболочиваемые берега, плоские и неглубокие озерные котловины. Особо крупными из них являются: Червоное (площадь зеркала воды – 40,8 км²), Выгонощанское (26,5 км²), Черное, Споровское. Мало озер в центральной части страны. Суммарная площадь зеркал всех озер Беларуси составляет почти 2 тыс. км², а общий объем воды, аккумулированной в них, оценивается в 6–7 км³.

Неравномерность размещения водных ресурсов и внутри годового распределения стока поверхностных вод в определенной мере компенсируется строительством водохранилищ и прудов. Водоохранилище – искусственный водоем с полным объемом задержанных водных масс более 1 млн. м³, созданный с использованием водонапорных сооружений в долине реки или понижении местности для накопления и сохранения воды, регулирования стока в соответствии с потребностями различных отраслей народного хозяйства. На территории Беларуси создано более 140 водохранилищ различного хозяйственного назначения. Суммарный полный объем воды, которая задерживается водохранилищами, достигает 3 км³, а полезный – 1,24 км³. Общая площадь водного зеркала акватории водохранилищ достигает 740 км². 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. м³. 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 км³, площадью водного зеркала 140 км² и 19 рыбных хозяйств с полным объемом 0,3 км³, площадью 179 км².

Естественные ресурсы пресных подземных вод оцениваются в 15,9 км³ в год (43,5 млн. м³ 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 млн. м³ в сутки, из них для промышленного освоения подготовлено около 200 месторождений с эксплуатационными запасами около 4,6 млн. м³ 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 размещается 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 та-

кими 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; производственное (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 которых 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 км³, в том числе формирующиеся в пределах страны – 34 км³. В многоводные годы общий речной сток увеличивается до 92,4 км³, а в маловодные – снижается до 37,2 км³. Возобновляемые (естественные) ресурсы подземных вод составляют 15,9 км³ в год, эксплуатационные запасы – 2,3 км³ 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 нефтехимиче-

ском 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, начертавших 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 свином комплексе при производстве 1 т свинины расходуется 1 000 м³ чистой воды. В целом на таком комплексе ежесуточный 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 частицы 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, сажи, 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 предприятий 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 происшествия 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 tehax*. Число видов, обитающих в полисапробных водах невелико, но развиваются они в огромных количествах. Надежными показателями полисапробных вод являются многие бактерии (*Sphaerotilus natans*, *Thiopyococcus 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 по-

луанаэробных условиях и идет в направлении окислительно-восстановительных процессов. Поэтому в воде имеются аммиак, аминок- и амидокислоты, сероводород, двуокись углерода. Воды этой зоны способны загнивать, 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 растения отсутствуют или встречаются в малых количествах. Смена сообществ, как и в полисапробной зоне, часто протекает катастрофически.

Для а-мезосапробных вод характерно энергичное самоочищение. В нем принимают участие и окислительные процессы за счет кислорода, 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, многочисленны коловратки, низшие ракообразные, насекомые, моллюски и рыбы). В качестве примера таких вод можно привести нормально очищенные летние воды полей орошения.

Олигосапробная зона полностью свободна от загрязнения и обычно перенасыщена кислородом. В ней мало углекислоты, нет аммиака, сероводорода, нитритов, но могут быть нитраты как конечные продукты окислительных биохимических процессов минерализации органического вещества. Соединения ме-

таллов находятся в окисных формах. Вода не загнивает. 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, колоставки, 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 специализирован-

ные 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 неупотребленными и экспортированными 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 технология замены рыбной муки сырьем из растительных белков, также используется сырье от перерабатывающих предприятий, получение которого не требует прямого вылова криля, анчоуса и прочей нетоварной рыбы.

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

Необходимо выполнение масштабной селекционной работы, нацеленной на одомашнивание ценных пород рыбы, демонстрирующих высокие темпы роста, увеличенную товарную массу и стабильные показатели здоровья.

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

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

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

В целях минимизации негативного влияния рыбохозяйственной деятельности на открытые водотоки первоочередной 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, дефекационные 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 дополнительную 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. «Рыбо-севооборот» 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, 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, био-

фильтрах) 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 осуществляется 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 рыбководческие 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 околководные 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 (эпинейстон) или снизу (гипонейстон).

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

К гипонейстону относятся саргассовые водоросли, моллюски (янтина, глаукс), 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 желуди, 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.

Наращение 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 – глубокобедренной. 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 относится 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 пологе, 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 компетентны 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 прохладной тени лиственного 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, голянь 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 водо-токах Беларуси, здесь рассматриваются также некоторые виды околоводных гигрофитов, т. е. растений, обитающих по берегам водоемов и водотоков, но только те из них, которые часто встречаются в указанных местообитаниях и могут быть отнесены к ресурсообразующим.

Гидрофиты – настоящие водные растения, полностью или большей своей частью погруженные в воду.

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 гигрофитами.

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

- эуигрофиты – 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 биологической 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 поглощательная 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 околководных сосудистых растений, произрастающих в водоемах и водотоках Беларуси, 34 можно отнести к разряду 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: аир обыкновенный, белокрыльник болотный, вахта трехлистная, вербейник обыкновенный, вех ядовитый, водокрас обыкновенный, двуклесточник 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, пиррофитовыми 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, рН 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 околоводных (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 (чилим), гидрилла мутовчатая, каулиния гибкая, каулиния малая, кубышка малая, кувшинка белая, лобелия Дортмана, меч-трава морская, наяда большая, наяда морская, полушник 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), паникеллия 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 Свистязь – 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 релик-

товые 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 околосредовых растений.

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

Прямые активные формы:

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

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

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

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

- репатриация исчезнувших из состава флоры видов путем искусственного заселения их в природные биотопы;

- репатриация исчезнувших видов путем выращивания их в ботанических садах, питомниках, на опытных участках, в водохранилищах, прудах и других искусственных водоемах;

- создание банка семян и семенного фонда редких, исчезающих и хозяйственно ценных видов.

Прямые пассивные формы:

- инвентаризация и картирование местонахождений редких и исчезающих видов;
- организация поиска новых местонахождений;
- периодическая ревизия и эколого-биологический контроль за состоянием популяций (фитомониторинг);
- определение численности, продуктивности и эксплуатационных запасов охраняемых и ресурсообразующих видов;
- образование специализированных ботанических, гидрологических, комплексных биологических и ландшафтных заказников (микрорезерватов), 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. Нагревшуюся 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 охлаждающей 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;
- фильтрация.

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 микробиоты.

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 анионитами. 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 водочистки 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 водоохранных зон, позволяющих максимально снизить антропогенное влияние.

Установление водоохранных зон, прибрежных полос и укрепление береговой зоны биоинженерным методом представляются весьма актуальными задачами, поскольку водоохранные 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, водохозяйственный баланс состоит из двух частей: ресурсной и расходной. Сначала формируется расходная часть, в которой отражаются основные направления потребления водных ресурсов по отраслям народного хозяйства; затем ресурсная часть, учитывающая наличие вод, которые могут быть потреблены (например, естественный сток, поступление из водохранилищ, подземные воды, объем возвратных вод). Заключительным этапом в разработке водохозяйственного баланса является определение ожидаемого резерва или дефицита водных ресурсов.

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

При этом составляются генеральная, бассейновые и территориальные схемы. Генеральная схема комплексного использования и охраны вод определяет 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 водоохраных зон.** Такими зонами являются территории, примыкающие к акватории рек, водохранилищ и других поверхностных водных объектов, в пределах которых устанавливается особый режим использования и охраны водных ресурсов (например, запрещается распахать 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 расходования вод по системе водохозяйственных балансов, бассейновых (территориальных) схем комплексного использования и охраны вод, а также проекты перераспределения вод между водопотребителями по бассейнам рек.

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

Прогноз использования водных ресурсов основывается на расчете водохозяйственного баланса, который содержит ресурсную и расходную части. Ресурсная (приходная) часть водохозяйственного баланса учитывает все виды вод, которые могут быть потреблены (естественный сток, поступление из водохранилищ, подземные воды, объем возвратных вод).

В расходной части водохозяйственного баланса определяется потребность в воде по отраслям народного хозяйства с учетом сохранения в реках транзитного стока для обеспечения экологических требований, необходимого санитарно-гигиенического состояния водоемов. Результатом балансового расчета является

установление ожидаемого резерва или дефицита стока, объема, характера, а также сроков осуществления мероприятий, необходимых для обеспечения водой 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;

- количество предприятий, прекращающих сброс неочищенных и необезвреженных сточных вод, к общему количеству предприятий.

Особо важное значение имеют уменьшение абсолютного объема водопотребления за счет сокращения безвозвратных потерь и соблюдение научно обоснованных норм и лимитов водопотребления.

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

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

При размещении, проектировании, строительстве новых и реконструкции существующих предприятий, сооружений и других объектов, а также при внедрении новых технологических процессов должны предусматриваться мероприятия, обеспечивающие рациональное использование вод, учет и контроль количества и качества забираемых и отводимых вод, охрану вод от загрязнения. Запрещается ввод в эксплуатацию новых и реконструируемых предприятий и других объектов, не обеспеченных приборами учета забора и отведения воды, сооружениями и устройствами, которые предотвращают вредное воздействие на водные объекты.

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

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

- использование водных объектов в целях, для которых они предоставлены, и сохранение установленных условий водопользования;

- рациональное использование водных ресурсов, проведение необходимых работ по сохранению и улучшению качества вод, восстановлению водных объектов;

- ведение учета количества забираемых и используемых вод;

- осуществление контроля за качеством забираемой воды и отводимых сточных вод;

- поддержание в надлежащем состоянии очистных и других сооружений и устройств, сохранение установленных правил их эксплуатации.

Все воды подлежат охране от загрязнения, засорения и других вредных воздействий, которые могут ухудшить условия водообеспечения, привести к уменьшению рыбных и иных запасов водного промысла, 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-быто-

вых, 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.