

Раздел 1. Свойства воды, ее значение в природе и народном хозяйстве

“Вода! У тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха,
тебя невозможно описать, тобою наслаждаются,
не ведая, что ты такое.

Нельзя сказать, что ты необходима для жизни,
ты сама жизнь. Ты самое большое богатство на свете”.

Антуан де Сент-Экзюпери

Лекция 1. Структура и свойства воды

Вода – самое удивительное и наиболее распространенное на нашей планете вещество. Известно, что все живые организмы вышли из воды. Без нее немыслима жизнь и сейчас. Растения и животные на 60-75% состоят из воды. Потеря или даже недостаток ее грозят им гибелью. Обладая хорошей теплоемкостью, текучестью, растворимостью, подъемной силой и другими ценными качествами, вода является составной и неотъемлемой частью практически всех производственных процессов.

Академик В.И. Вернадский отнес воду к царству минералов. И это не случайно: вода по многим свойствам похожа на минерал. Имея совершенно определенную, только ей присущую внутреннюю структуру, вода сохраняет свои свойства во всех состояниях.

Проблема воды и особенностей ее воздействия на различные биологические структуры и процессы уже многие десятилетия привлекает постоянное внимание со стороны физиков, химиков и биологов. Интерес к этой проблеме определяется, прежде всего, уникальным значением воды в биологических системах. Как известно, вода наряду с белками и нуклеиновыми кислотами выступает в качестве обязательной составляющей живых организмов, а также постоянного участника практически всех биологических процессов.

Непрерывность водной среды создает хорошие условия для быстрого распространения в гидросфере поступивших в нее загрязнений. Это влечет за собой снижение водообеспеченности и ухудшение социально-экономических условий жизни людей не только в слабообеспеченных, но и в богатых природными водами районах. Именно поэтому значение воды непрерывно возрастает по мере развития производительных сил, а вопросы рационального использования водных ресурсов приобретают все большую актуальность.

1. Строение молекул воды и ее состояние

Вода может находиться в трех агрегатных состояниях – газообразном, жидком и твердом. В каждом из этих состояний структура воды неодинакова. В зависимости от состава находящихся в ней веществ вода приобретает новые свойства. Твердое состояние воды также бывает по крайней мере двух типов: кристаллическое – лед и некристаллическое – стеклообразное, аморфное (состояние витрификации). При мгновенном замораживании с помощью, например, жидкого азота, молекулы не успевают построиться в кристаллическую решетку и вода приобретает твердое стеклообразное состояние. Именно это свойство воды позволяет замораживать без повреждения живые организмы, такие, как одноклеточные водоросли, листочки мха *Mnium*, состоящие из двух слоев клеток. Замораживание же с образованием кристаллической воды приводит к повреждению клеток.

Для кристаллического состояния воды характерно большое разнообразие форм. Давно замечено, что кристаллические структуры воды напоминают радиолярии, листья папоротника, цветы.

2. Физические свойства воды

Вода – самое аномальное вещество, хотя принята за эталон меры плотности и объема для других веществ.

Плотность. Все вещества увеличивают объем при нагревании, уменьшая при этом плотность. Однако при давлении 0,1013 Мпа (1 атм) у воды в интервале от 0 до 4°C при увеличении температуры объем уменьшается и максимальная плотность наблюдается при 4°C (при этой температуре 1 см³ воды имеет массу 1 г). При замерзании объем воды резко возрастает на 11%, а при таянии льда при 0°C так же резко уменьшается. С увеличением давления температура замерзания воды понижается через каждые 13,17 Мпа (130 атм) на 1°C. Поэтому на больших глубинах при минусовых температурах вода в океане не замерзает. С увеличением температуры до 100°C плотность жидкой воды понижается на 4% (при 4°C плотность ее равна 1).

Точки кипения и замерзания (плавления). При давлении 0,1013 Мпа (1 атм) точки замерзания и кипения воды находятся при 0°C и 100°C, что резко отличает воду от соединений водорода с элементами 6-й группы периодической системы Менделеева. Температура кипения воды возрастает с увеличением давления, а температура замерзания (плавления) – падает.

Теплота плавления. Скрытая теплота плавления льда очень высока – около 335 Дж/г (для железа –25, для серы – 40). Это свойство выражается, например, в том, что лед при нормальном давлении может иметь температуру от -1 до -7°C. Скрытая теплота парообразования воды (2,3 кДж/г) почти в 7 раз выше скрытой теплоты плавления.

Теплоемкость. Величина теплоемкости воды (т. е. количество теплоты, которое необходимо для повышения температуры на 1°C) в 5-30 раз выше, чем у других веществ. Лишь водород и аммиак обладают большей теплоемкостью. Кроме того, лишь у жидкой воды и ртути удельная теплоемкость с повышением температуры от 0 до 37°C падает (затем начинает возрастать). Получается, что легче всего вода нагревается и быстрее всего охлаждается при температуре, равной 37°C. Удельная теплоемкость воды при 16°C условно принята за единицу, служа эталоном для других веществ. Поскольку теплоемкость песка в 5 раз меньше, чем у жидкой воды, то при одинаковом нагреве солнцем вода в водо-

еме нагревается в 5 раз слабее, чем песок на берегу, но во столько же раз дольше сохраняет теплоту. Высокая теплоемкость воды защищает растения от резкого повышения температуры при высокой температуре воздуха, а высокая теплота парообразования участвует в терморегуляции у растений.

Высокие температуры плавления и кипения, высокая теплоемкость свидетельствуют о сильном притяжении между соседними молекулами, вследствие чего жидкая вода обладает большим внутренним сцеплением.

Поверхностное натяжение и прилипание. На поверхности воды из-за некомпенсированности сцепления (когезии) ее молекул создается поверхностное натяжение, величина которого при 18°C равна 0,72 мН/см (выше только у ртути – 5 мН/см). Вода обладает также свойством адгезии (прилипания), которое обнаруживается при ее подъеме против гравитационных сил. В капиллярах сочетаются силы сцепления молекул воды в пограничном с воздухом слое с ее адгезией с материалом стенок капилляра. В результате в капилляре образуется вогнутая поверхность воды выше ее исходного уровня. У ртути, не обладающей свойством адгезии, поверхность мениска в капилляре выпуклая. То же наблюдается в капиллярах с несмачиваемыми водой стенками.

Особенными физическими свойствами обладает талая вода. У нее иная вязкость, теплота испарения и целый ряд других показателей. Для талой воды характерна повышенная биологическая активность: политые ею комнатные цветы лучше растут, а семена, помещенные в нее, быстрее прорастают.

3. Молекулярная структура воды и химические свойства

В молекуле воды две пары электронов являются общими для ядер водорода и кислорода. Они имеют сильно вытянутые орбиты и, так как более электроотрицательный атом кислорода притягивает электроны от атомов водорода, несут частичные положительные заряды, а атом кислорода с двумя неподеленными парами электронов имеет частичный отрицательный заряд.

Поскольку в молекуле воды разноименные заряды пространственно разделены, она при общей электронейтральности является диполем. Вследствие того, что орбиты с неподеленными электронами атома кислорода лежат в плоскости, перпендикулярной плоскости молекулы, а угол между ядрами водорода составляет $104,5^\circ$, возникает структура тетраэдра с четырьмя полюсами электрических зарядов: двумя положительными и двумя отрицательными.

Каждая молекула воды, являясь диполем с тетраэдрическим распределением электронов вокруг атома кислорода, может взаимодействовать с четырьмя другими молекулами воды за счет электростатического взаимодействия атомов Н и О соседних молекул (рис. 1).

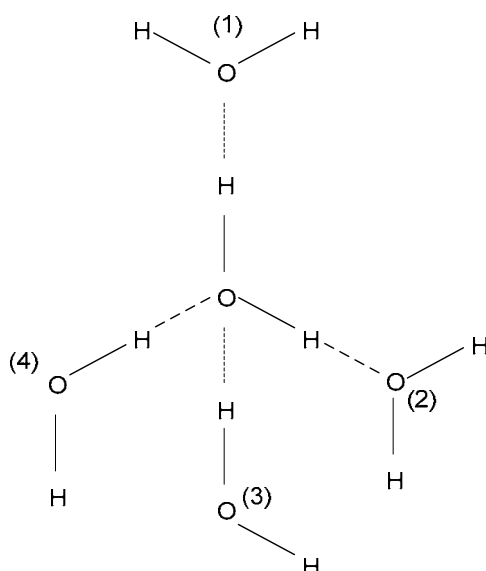
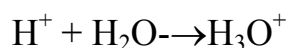


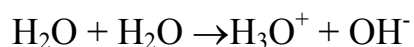
Рис. 1. Схема взаимодействия молекулы воды с соседними молекулами

Эта связь, которая относится к водородным, является сравнительно слабой связью, так как в жидкой воде энергия, необходимая для ее разрыва, равна $18,84$ кДж/моль (энергия ковалентной связи Н-О в молекуле воды составляет $460,4$ кДж/моль). Водородные связи непрерывно возникают и разрушаются.

Ионизация. Поскольку в молекуле воды электроны прочнее связаны с атомом кислорода, происходит отщепление протонов. В результате наблюдается диссоциация молекул воды на ионы водорода и гидроксила. Но свободный ион H^+ не способен к самостоятельному существованию и немедленно гидратируется молекулой воды с образованием иона гидроксония:



Суммарная реакция представляет собой переход протона от одной молекулы воды к другой и образование ионов гидроксония и гидроксила:



Для простоты изложения гидроксоний (H_3O^+) обычно обозначают как H^+ .

При 25°C концентрация водородных или гидроксильных ионов в чистой воде составляет $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л, что соответствует рН 7.

Вода как растворитель. Полярность молекул воды обуславливает их свойство растворять вещества лучше, чем другие жидкости. Растворение кристаллов неорганических солей осуществляется благодаря гидратации входящих в их состав ионов. Хорошо растворяются в воде органические вещества, с карбонильными, гидроксильными, карбонильными и другими группами которых вода образует водородные связи.

Структура льда и жидкой воды. Несмотря на интенсивные исследования, особенности структуры воды в различных ее состояниях окончательно не выяснены. В структуре льда, полученного при нормальных условиях давления, каждая молекула воды окружена четырьмя другими, образующими тетраэдр, в центре которого располагается молекула воды, связанная четырьмя водородными связями с молекулами воды, расположенными в вершинах тетраэдра. В целом образуется гексагональная кристаллическая структура льда. Среднее расстояние между атомами кислорода для льда составляет 0,276 нм. При плавлении льда увеличивается расстояние между атомами кислорода (при 15°C оно равно 0,29 нм). Одновременно разрушается около 15% водородных связей. Вместо 12 ближайших молекул у каждой молекулы воды оказываются от 3,4 до 4,5 соседних молекул.

Существуют две группы гипотез, объясняющих структуру жидкой воды. К гипотезам первой группы относится представление О. Я. Самойлова (1946, 1957) о том, что жидкая вода обладает однородной (ажурной) льдоподобной структурой, в пустотах которой находятся мономерные молекулы воды, не имеющие или имеющие малое число водородных связей. Структура льдоподобно-

го каркаса воды может нарушаться тепловым движением молекул и ионами, превышающими размеры пустот. Тепловое движение молекул воды осуществляется по полостям каркаса, не связанным друг с другом водородными связями.

Согласно гипотезам второй группы вода представляет собой равновесную смесь льдоподобных образований и мономерных молекул. В жидкой воде появление участков (кластеров, роев), объединенных взаимодействующими водородными связями, чередуется с областями, где водородные связи отсутствуют или реализованы лишь частично. Чередующиеся зоны, или «мерцающие кластеры», возникают и исчезают вследствие локальных энергетических флуктуаций. Время жизни кластеров $10^{-10} - 10^{-11}$ с. В каждый данный момент времени в образовании «мерцающих кластеров» участвует до $2/3$ молекул воды.

Возможно, что между этими группами гипотез нет принципиальных различий. Их объединяют следующие представления: существование водородных связей, участвующих в создании организованных структур; существование двух типов структур: с упорядоченной ориентацией молекул (льдоподобная структура, кластеры) и неупорядоченной структуры с малым числом водородных связей; разрушающее влияние теплового движения молекул на структуру воды; кооперативные свойства воды.

Растворы электролитов. В растворах, содержащих ионы, структура воды существенно меняется. В разбавленных растворах (0,1 моль/л) это происходит благодаря заряженным ионам. Эффект зависит от поляризующей силы иона, которая определяется плотностью заряда (отношение заряда иона к его радиусу). Маленькие ионы с большой плотностью заряда сильнее действуют на структуру чистой воды по сравнению с большими ионами, имеющими малую плотность заряда. И те и другие разрушают структуру воды: первые притягивают молекулы воды, вторые при внедрении в воду из-за большого размера разрушают льдоподобный каркас. При этом может меняться вязкость водного раствора: структура, создаваемая слабогидратированными большими ионами (с малым зарядом), делает вязкость раствора ниже вязкости чистой воды, а более

плотная структура, образуемая гидратированными ионами, обуславливает более высокую вязкость, чем в чистой воде.

В электрическом поле катиона все ближайшие молекулы воды ориентируются отрицательными полюсами внутрь, а вокруг аниона внутрь направлены положительные полюсы молекул воды. Этот внутренний, прочно связанный с ионом слой молекул воды называют первичной, или ближней, гидратацией (сольватацией). В процессе электрофореза он движется вместе с ионом как одно целое. Однако ион, связывая определенное число молекул воды из своего непосредственного окружения, в результате ион-дипольного взаимодействия ориентирует также более далеко расположенные диполи воды. Эту гидратацию называют вторичной или дальней.

В состоянии первичной гидратации молекулы воды имеют сниженную подвижность и находятся в обменном равновесии с ближайшими молекулами. А молекулы вторичной гидратной оболочки, сохраняя подвижность, под поляризующим влиянием иона стремятся к некоторой упорядоченности, что нарушает исходную структуру воды. С наружной стороны этого слоя вода сохраняет неизменную природу.

Воду, связанную с ионами, называют также осмотически связанной. Она является важной составляющей осмотического давления в клетках живых организмов.

По мере повышения концентрации раствора (до 1,5-2 моль/л) вторичные гидратные оболочки ионов перекрываются и вода с собственной структурой перестает существовать: наблюдается переход от структуры чистой воды к структуре кристаллогидрата. Чем больше ионов в растворе, тем больше нарушена структура воды и, следовательно, тем меньше энергии необходимо для разрушения оставшихся водородных связей и повышения температуры раствора.

Влияние гидрофобных радикалов на структуру воды. При растворении в воде вещества с большим гидрофобным радикалом, например, тетрабутиламмонийбромида $(C_4H_9)_4NBr$, и с увеличением его концентрации в растворе теп-

лоемкость раствора повышается. Это объясняется тем, что неполярные молекулы увеличивают степень структурной организации воды. Вокруг них образуются кристаллогидраты с пентагональными ячейками. Например, $(C_4H_9)_4NBr$ образует кристаллогидрат, масса которого на 90% состоит из кристаллической воды. Вода в этом кристалле имеет высокую теплоемкость: кристалл плавится не при $0^\circ C$, как лед, а при $30^\circ C$.

Описаны случаи закупорки льдом труб газопровода при $20^\circ C$ (образование кристаллогидрата около молекул метана), а также замерзания зерна и повреждения посевов от появления льда в тканях при $4,5^\circ C$ (образование кристаллогидратов около неполярных радикалов макромолекул белков).

Растворы белков. В белках гидратация обусловлена взаимодействием молекул воды с гидрофильными (ионными и электронейтральными) и гидрофобными (неполярными) группами и ее иммобилизацией в замкнутых пространствах внутри макромолекул при их конформационных перестройках.

При гидратации ионной (взаимодействие с NH_3^+ , COO^- - группами) и электронейтральной (с $COOH$, OH , CO , NH , NH_2 , $CONH_2$ -группами) молекулы воды электростатически связываются и образуется мономолекулярный слой первичной гидратации. Число ионизированных групп в белке зависит от pH среды. Наименее гидратирован белок в изоэлектрической точке, при которой отмечается также самая низкая растворимость белков. Гидрофобные группы, например аланина, увеличивают структурированность воды в этих участках молекулы белка.

Помимо гидрофобных групп в молекулах белков, на структурированность воды влияет гидрофобная липидная фаза мембран.

Иммобилизованная вода, оказавшаяся замкнутой внутри макромолекул, может участвовать в образовании слоя первичной гидратации, а остальная ее часть сохраняет свойства обычной воды, но с ограниченной подвижностью.

Растворимость белков в воде варьирует в широких пределах. Определенной зависимости между гидратацией и растворимостью белков не наблюдается. Например, сухой коллаген способен связать гораздо больше воды, чем сухой

сывороточный альбумин. Однако коллаген нерастворим в воде, а альбумин растворяется в ней легко. На возможность гидратации белков за счет пептидных связей указывает тот факт, что искусственный полипептид нейлон, не содержащий боковых ионогенных цепей и гидрофильных групп, способен связывать воду. В зависимости от физико-химических свойств макромолекул (наличие полярных, неполярных, ионизированных групп), конформационного состояния и внешних условий (рН, ионный состав) может наблюдаться большее или меньшее связывание воды и образование стабильной льдоподобной структуры.

Таким образом, несмотря на огромное число работ, посвященных структуре воды и особенностям ее воздействия на процессы формирования, стабилизации и активного функционирования различных биологических структур, указанная проблема и в настоящее время остается еще предметом дискуссии. Данный факт уже сам по себе кажется удивительным, особенно на фоне достижений молекулярной биологии по расшифровке значительно более сложных структур и по выяснению механизмов их действия. Однако в случае воды существуют определенные трудности, которые обусловлены многосторонним характером ее воздействия на биологические системы.

4. Химический состав природных вод

Вода в природе нигде не встречается в химически чистом виде, так как в ней всегда растворены те или иные вещества, с которыми она соприкасается в процессе своего круговорота. Природные воды представляют собой химический раствор довольно сложного состава. В природных водах растворены все известные на земле химические элементы, но большая часть из них присутствует в столь малых количествах, что пока еще не определены из-за недостаточной чувствительности методов анализа. Их присутствие обнаруживается косвенно, в водных организмах, аккумулирующих химические элементы из окружающей воды. Например, в крови голотурий, омаров и устриц обнаружены кобальт, никель и олово.

Химические вещества, входящие в состав природных вод, можно условно подразделить на пять групп:

- 1) главные ионы;
- 2) растворенные газы;
- 3) биогенные вещества;
- 4) микроэлементы;
- 5) органическое вещество.

Кроме того, в природных водах всегда находится какое-то количество твердого вещества в виде взвесей неорганического и органического происхождения.

В природных водах преобладают три аниона (HCO_3^- , Cl^- и SO_4^{2-}) и четыре катиона (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) – их называют главными ионами.

Содержание солей в природных водах различается в тысячи раз. Так, например, в 1л дождевой воды содержится 1-20 мг солей, а в 1л воды из залива Кара-Богаз_гол (Каспийское море) – 300 г, т.е. 1/3 от массы раствора.

Таким образом, помимо сложности структуры самой воды необходимо учитывать тот факт, что структура воды практически всегда изменяется при взаимодействии и даже при простом контакте с другими системами, причем это, в свою очередь, влияет и на состояние подобных систем. Многосторонний характер воздействия воды определяется не только такими факторами, как гидратация полярных групп и наличие гидрофобных эффектов, но и возможностью внедрения молекул воды в водородные связи внутри макромолекул и в мембранах, различием диэлектрических свойств у свободной и связанной воды, эффектами рН и ионной силы в водной среде и т.д. И как результат всех перечисленных воздействий вода фактически определяет равновесие сил в пределах биологических структур.

Неоспоримо лишь то, что вода, в отличие от других жидкостей, все-таки имеет какую-то кристаллоподобную структуру. В ней, по сути дела, происходит взаимодействие не между разупорядоченными молекулами, а между зародышами кристаллических образований. В этом смысле она занимает как бы

промежуточное положение между кристаллическим и жидким состоянием и более сходна с твердым телом, нежели с идеальной жидкостью, т.е. относится к категории жидких кристаллических тел. Именно в такой внутренней организации и кроются секреты всех удивительных свойств, всех кажущихся парадоксов воды.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Аксенов С.И. Вода и ее роль в регуляции биологических процессов. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 212 с.
2. Кукушкин Ю.Н. Химия вокруг нас: справ. пособие. – М.: Высшая школа, 1992. – 192 с.
3. Полевой В.В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
4. Черняев А.М. Самый удивительный минерал. Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1980. – 192 с.
5. Черняев А.М. Поэзия и проза воды. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1996. – 276 с.
6. Шишкина Л.А. Гидрохимия. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 287 с.

Лекция 2. Формирование ресурсов и качества природных вод и их роль в природе и жизнедеятельности живых организмов

1. Распространение воды в природе

Земной шар содержит около 16 млрд. км³ воды, что составляет 0,25% массы планеты. Но 13 млрд км³ воды рассредоточено и надежно законсервировано в глубинных слоях, составляющих мантию. Большая часть воды входит в состав горных пород и минералов, слагающих земную кору. 1,45 млрд составляют гидросферу Земли. Из них 1,370 млрд – мировой океан, 60 млн. – подземные минерализованные воды, 24 млн. – ледники. Пресные же воды составляют только 28,5 млн км³; из них 24 млн – это ледники, недоступные для человека. Озера и водохранилища зааккумулировали только 155 тыс км³, в речных же водах содержится только 1,2 тыс. кубокилометров воды. На долю Мирового океана приходится 361 миллион квадратных километров, или около 71% площади поверхности земного шара. Суммарная площадь всех внутренних водоемов занимает менее 3% площади суши.

Представление о распределении воды в различных частях гидросферы и продолжительности водообмена дают сведения, приведенные в табл. 1.

Наибольший практический интерес для удовлетворения потребностей человека представляют воды рек. Их единовременный объем, как видно из табл. 1, ничтожно мал. Однако в процессе круговорота влаги он возобновляется в течение года в среднем 23 раза и, таким образом, фактические ресурсы речных вод могут быть оценены в 47 тысяч кубических километров в год.

Водные ресурсы рек, выраженные в слое стока, составляют в среднем 315 миллиметров в год. Речной сток существенно изменяется по территории – от 10-20 миллиметров в год в аридных районах до 9000 и более миллиметров в год в некоторых хорошо увлажненных горных массивах. Данные о возобновляемых ресурсах пресных вод и водообеспеченности материков Земли приведены в табл. 2.

Таблица 1

Объем воды и активность водообмена различных частей гидросферы земного шара

Часть гидросферы	Объем воды			Продолжительность условного водообмена
	тыс. км ³	% от общего объема всех вод	% от объема пресных вод	
Мировой океан	1338000	96,5	—	2500 лет
Подземные воды	23700	1,7	30,9	1400-10000 лет
Ледники	26064	1,7	68,7	9700 лет
Озера	176	0,013	0,26	17 лет
Почвенная влага	16,5	0,001	0,05	1 год
Воды атмосферы	12,9	0,001	0,037	8 сут
Болота	11,5	0,0008	0,033	5 лет
Водохранилища	6	0,0004	0,016	0,5 года
Реки	2	0,0002	0,006	17 сут

На долю России приходится более 20% мировых запасов пресных поверхностных и подземных вод. Среднегодовое количество речного стока составляет 4264 км³/год (10% мирового речного стока), т.е. около 30 тыс. м³/год на одного жителя (второе место в мире после Бразилии); пресные воды озер – около 24,1 тыс. км³. Суммарные разведанные запасы подземных вод оцениваются в 29 км³/год, в том числе эксплуатационные запасы, подготовленные для освоения, составляют 10 км³/год.

Таблица 2

Возобновляемые средние многолетние ресурсы пресных вод (речной сток) и водообеспеченность на земном шаре

Территория	Площадь, млн. км ²	Население, млн. чел.	Сток		
			общий, тыс. км ³ /год	удельный, л/с км ²	на душу населения, м ³ /сут
Европа	10,5	670	3,2	9,7	13,1
Азия	43,5	2930	14,4	10,5	13,4
Африка	30,1	503	4,6	4,8	25
Северная и Центральная Америка	24,2	380	8,2	10,7	59
Южная Америка	17,8	250	11,8	21	129
Австралия	7,6	15	0,4	1,4	63,5
Океания	1,3	8	2	51,1	685
Антарктида	14	0	2,2	5,1	—
Вся суша	149	4756	46,8	10	27,1

2. Круговорот воды в природе

Водные ресурсы – это запасы поверхностных и подземных вод, находящихся в водных объектах, которые используются или могут быть использованы.

Водные ресурсы нашей планеты образуют оболочку, называемую **гидросферой**.

Вода находится в постоянном и активном **кругообороте**. Его движущей силой является Солнце, а основным источником воды – Мировой океан.

Суть **влагооборота** состоит в том, что часть влаги, испарившейся с океанов, конденсируется и вновь возвращается в океан в виде атмосферных осадков – это схема прямого простого влагооборота. Другая часть испарившейся воды переносится воздушными массами на материки и просачивается в почву. В результате во влажных областях создается запас грунтовой воды, пустоты заполняются влагой, а ее неиспарившийся остаток стекает обратно в мировой океан.

Проблема влагооборота чрезвычайно обширна и охватывает такие вопросы, как водообмен в почве и грунтах, в живой природе, речных бассейнах и русловой сети, в морях, озерах и водохранилищах, влагооборот в атмосфере, глобальный и региональный водообмен и т.д.

Почти четверть всей падающей на Землю солнечной энергии расходуется на испарение воды с поверхностей водоемов. Ежегодно таким образом в атмосферу поднимается 511 тыс. км³ воды, из них с поверхности океана – 411 тыс. км³. Примерно 2/3 атмосферной воды возвращается в виде осадков обратно в океан, а 1/3 выпадает на сушу. Годовое количество осадков в 40 раз превышает содержание водяного пара в атмосфере. Выпав сразу, они могли бы образовать на Земле слой толщиной 1 м. Эта вода пополняет ледники, реки и озера. В свою очередь, материковые поверхностные воды снова стекают в моря и океаны, растворяя встречающиеся им на пути породы. Увлажняющая почву вода всасывается корнями растений. Вместе с водой растения получают растворенные питательные вещества. В растениях она поднимается по ксилеме и возвращается в виде пара в атмосферу через листья. Важным регулятором воды на суше являются горные ледники. Они отдают воду в основном в летние месяцы, когда происходит особенно интенсивное таяние горного льда и снега.

Таким образом, вода находится на Земле в постоянном движении. Среднее время ее пребывания в атмосфере оценивается 10-ю сутками, хотя и меняется с широтой местности. Для полярных широт оно может достигать 15, а средних – 7 суток. Смена воды в реках происходит в среднем каждые 17 суток. Влага, содержащаяся в почве, обновляется за 1 год. Воды проточных озер обновляются за десятки лет, а непроточных – за 200-300 лет. Воды Мирового

океана обновляются в среднем за 2500-3000 лет. Из этих цифр можно получить представление о том, сколько времени необходимо для самоочищения водоемов. Нужно лишь иметь в виду, что если река вытекает из загрязненного озера, то время ее самоочищения определяется временем самоочищения озера.

Круговорот воды в природе – исключительно важный процесс. Он обеспечивает сушу пресной водой, которая постоянно возобновляется. В процессе этого круговорота вода разрушает и растворяет твердые породы на суше и переносит их в другие места с образованием наносов. Конечно, в процессе разрушения и видоизменения поверхности Земли внесли свою лепту также ветер и вулканические извержения, солнечное воздействие и землетрясения, а позднее и живые организмы. Тем не менее, в жизни нашей планеты вода играла важную роль в качестве транспортирующего средства в геологических превращениях.

Океаны и моря являются регуляторами климата в отдельных частях земного шара. Суть этого заключается не только в океанических течениях, которые переносят теплую воду из экваториальных районов в более холодные. Обладая высокой теплоемкостью, водные массы сглаживают перепады температуры – осенью и зимой они подогревают воздух, а весной и летом – охлаждают.

Другой важной функцией океанов и морей является регулирование содержания в атмосфере углекислого газа. Между Мировым океаном и атмосферой Земли устанавливается равновесие: углекислый газ растворяется в воде, превращаясь в угольную кислоту, и далее превращается в донные карбонатные осадки. Дело в том, что в морской воде содержатся ионы кальция и магния, которые с карбонатным ионом могут превращаться в малорастворимые карбонаты кальция и магния. Таким образом, океаны и моря, связывая атмосферный углекислый газ, помогают растительному покрову Земли поддерживать примерно на одном и том же уровне содержание углекислого газа в атмосфере.

3. Формирование ресурсов и качества природных вод

Все воды разделяются на природные и сточные.

Природные воды формируются под действием естественных процессов при отсутствии антропогенного воздействия и подразделяются на атмосферные, поверхностные и подземные.

Атмосферные осадки в виде дождей или растаявшего снега стекают по дневной поверхности суши, называемой **водосбором**, образуя поверхностные воды, а часть их инфильтруется в грунт и переходит в подземные воды.

Поверхностные воды представляют собой скопление воды на земной поверхности в виде водотоков, водоемов, морей и ледников

Водный объект – сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющие границы, объем и черты водного режима.

К поверхностным водным объектам относятся:

- 1) моря или их отдельные части (проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы и другие);
- 2) водотоки (реки, ручьи, каналы);
- 3) водоемы (озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища);
- 4) болота;
- 5) природные выходы подземных вод (родники, гейзеры);
- 6) ледники, снежники.

Различают 3 основных типа **подземных вод**: верховодка, грунтовые, артезианские.

Верховодка располагается в самой верхней части земной коры на небольших глубинах.

Грунтовые воды залегают на относительно небольших глубинах на первом от земной поверхности водоупорном слое, состоящем из водонепроницаемых пород.

Артезианские воды залегают на большой глубине в водоносных горизонтах, перекрытых сверху и снизу водоупорными слоями.

Скопление подземных вод представляют собой **подземные водные объекты**. К ним относятся:

- 1) бассейны подземных вод;

2) водоносные горизонты.

Формирование химического состава природных вод

Процесс формирования химического состава природных вод весьма сложен: он совершается под воздействием прямых факторов, непосредственно воздействующих на воду, горные породы, почвы, живые организмы, включая деятельность человека, и косвенных факторов, определяющих условия, в которых протекает взаимодействие веществ с водой: климат, рельеф, водный режим, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия.

Формирование химического состава природных вод осуществляется в несколько этапов.

Первым этапом формирования состава природных вод является их взаимодействие с атмосферой. Атмосферные осадки – основной источник пополнения запасов суши. Еще находясь в атмосфере, мельчайшие капли воды при своем падении на Землю увлекают из воздуха различные вещества. Но основные процессы формирования химического состава природных вод начинаются после выпадения осадков на земную поверхность.

Вторым этапом формирования состава природных вод является взаимодействие выпавших атмосферных осадков с почвенным покровом, при этом важную роль играет наличие растительности и ее характер. Вода, фильтруясь через почву, выщелачивает ее растворимые части, изменяя при этом свой состав: увеличивается содержание ионов и органических веществ; изменяется содержание газов. Приобретаемый при соприкосновении с почвой химический состав воды зависит от характера почвы. Если вода фильтруется через бедные солями торфянисто-тундровые или болотные почвы, то она обогащается большим количеством органических веществ и лишь в незначительной степени ионами. В большей степени обогащают ионами воду черноземные и каштановые почвы, не говоря уже о солонцеватых.

Третьим и основным этапом формирования состава природных вод является взаимодействие их с минералами литосферы (земной коры). Процессы взаимодействия между водой и минералами литосферы сыграли важную роль

не только в формировании химического состава природных вод, но и наружных слоев литосферы. Процессы физического и химического выветривания протекают на сравнительно небольших глубинах от поверхности и захватывают десятки, реже сотни метров верхнего слоя земной коры, однако они имеют исключительное значение.

Влияние на сток природно-климатических условий

Проблема оценки влияния на сток различных природных факторов является весьма сложной, поскольку многие природные процессы по-разному влияют на основные стоковые характеристики. Воздействие это осуществляется как непосредственно, так и косвенно, и к настоящему времени изучено недостаточно.

К физико-географическим характеристикам бассейнов, оказывающим большое влияние на процессы формирования стока, относятся его географическое положение, климатические факторы, гидрогеологические условия, геоморфология, почвенные условия, растительный покров и т. д. Как правило, всю совокупность природных факторов, оказывающих влияние на формирование стока, делят на две основные группы: климатические и факторы подстилающей поверхности.

Для каждой из природно-климатических зон характерен комплекс однородных геологических, климатических и почвенно-гидрологических условий, определяющих общие для всех рек зоны особенности формирования стока. Однако на сток с малых водосборов огромное влияние оказывают аazonальные факторы.

Климатические условия в большинстве случаев являются решающим фактором, определяющим гидрологический и гидрохимический режим водотоков. Особо значимое влияние на формирование стока оказывают атмосферные осадки, а также температура воздуха и почвы, влияющие на величину испарения. Причем, роль осадков зимнего периода в формировании стока в большинстве регионов более существенна. К важным стокоформирующим факторам относятся также предзимняя увлажненность почв и глубина их промерзания. Сто-

коформирующее влияние осадков за теплый период года менее значительно, поскольку преобладающая их часть расходуется на испарение и инфильтрацию. На формирование стока и его качество большое влияние оказывает не только общее количество осадков, но и интенсивность, а также продолжительность летних дождей и снеготаяния.

Гидрогеологические условия бассейна определяют характер и объем подземного питания рек и величину потерь осадков на просачивание. Рельеф водосборной территории оказывает воздействие на ее климатические условия, тем самым играя большую роль в процессах формирования стока. С увеличением уклона повышается скорость поверхностного стока, что приводит к усилению эрозионных процессов. Увеличению интенсивности поверхностного стока и усилению водной эрозии способствует высокая степень расчлененности водосборной территории гидрографической сетью.

Важную роль в функционировании водосбора как геосистемы играет почвенный покров. От водопроницаемости почв зависит интенсивность просачивания атмосферных осадков, а следовательно, соотношение поверхностного и подземного стока. Водопроницаемость почв является показателем не только поверхностного стока, но и противоэрозионной стойкости. Устойчивые по отношению к эрозии почвы характеризуются хорошей структурой и высокой водопроницаемостью, а неустойчивые – бесструктурны и слабо водопроницаемы. Наибольшей водопроницаемостью и противоэрозионной устойчивостью обладают почвы лесостепной зоны, отличающиеся высокой степенью гумусированности.

Важнейшим компонентом геоэкосистемы речного бассейна является растительность. Она играет существенную водорегулирующую и водоохраную роль. Лесная растительность во многом определяет режим поступления воды в водные объекты в течение года. Интенсивность снеготаяния в лесах вследствие затененности меньше, чем на открытых пространствах. С одной стороны, за счет запаздывания снеготаяния в лесу весеннее половодье затягивается. С другой стороны, за счет большой инфильтрационной способности лесных почв и

лесной подстилки значительная часть поверхностного стока переходит в подземный. В результате весенний сток с затененных участков более равномерный, чем с безлесных. Лесистость территории оказывает заметное влияние на характер паводка и в теплый период года: минимальная продолжительность паводка свойственна бассейнам с наименьшей лесистостью. Лес выступает как мощный водорегулирующий фактор, оказывающий, как правило, положительное влияние на увеличение подземного стока, а следовательно, обеспечивающий равномерность поступления воды в реки в течение года. Важную роль лесная и травянистая растительность выполняет в комплексе мер по снижению загрязнения водных объектов. Она препятствует развитию эрозионных процессов и способствует снижению выноса загрязняющих компонентов с водосборов.

Влияние на сток антропогенных факторов

Благодаря влагообороту гидросфера находится в постоянном движении: ее составные части непрерывно расходуются и восстанавливаются. Как уже было отмечено, наиболее динамично водообмен идет в атмосфере, реках и почвах. Именно здесь на водообменных процессах значительно сказывается влияние хозяйственной деятельности (в частности, интенсивное развитие промышленности и сельского хозяйства, рост населения, освоение новых территорий и связанное с этим увеличение водопотребления).

По характеру этого воздействия факторы хозяйственной деятельности можно условно разделить на две большие группы:

во-первых, это факторы, непосредственно связанные с прямым изъятием воды из русловой сети, озер, водохранилищ, подземных горизонтов (водопотребление на нужды населения, промышленности, теплоэнергетики, орошения; русловое регулирование и переброска стока;

во-вторых, это факторы, не требующие прямого изъятия воды, но изменяющие соотношение между элементами водного баланса и условия формирования стока на речных водосборах. Это влияние осуществляется за счет преобразования подстилающей поверхности (лесотехнические и агротехнические мероприятия, осушение болот и заболоченных земель, урбанизация и т. п.).

С точки зрения возможного влияния на элементы гидрологического цикла, главными применительно к крупным регионам Земли являются **факторы первой группы**. Вызывая одностороннее уменьшение поверхностного и подземного стока и увеличение суммарного испарения, они имеют повсеместное распространение, развиваются наиболее интенсивно и оказывают особенно заметное влияние на состояние водных ресурсов и водный баланс обширных территорий.

Факторы хозяйственной деятельности, осуществляемой на водосборах, влияют прежде всего **на режим речного стока и качество воды**. В зависимости от физико-географических условий они действуют в разных направлениях, изменяя внутригодовое распределение и экстремальные характеристики речного стока, а в отдельных случаях увеличивают суммарный сток за счет сокращения непродуктивного испарения в бассейнах.

По мере развития хозяйственной деятельности ее влияние на водообмен становится все более значительным. Это проявляется не только в количественном воздействии на звенья круговорота воды и элементы местного водного баланса, но и в формировании качества природных вод.

Преобразование поверхности водосборных территорий и перестройка естественных ландшафтов вследствие активной хозяйственной деятельности в бассейнах рек повлекли за собой усиление деградационных процессов почвенного покрова, которые, в свою очередь, не могли не отразиться на гидрологическом и гидрохимическом режимах рек, особенно средних и малых. Распашка почвы естественных массивов приводит к усилению процесса физико-химического выветривания минералов, вследствие чего легкорастворимые вещества становятся более доступными для вымывания паводковыми водами. В настоящее время из всех неблагоприятных процессов, происходящих в почвах, наибольшее распространение получили **эрозионные процессы**, которые являются, с одной стороны, следствием антропоизации водосборов и нерационального использования природных ресурсов, а с другой, обуславливают активизацию ряда других негативных процессов.

Масштабы проявления эрозии зависят от многих факторов: количества атмосферных осадков, их интенсивности и распределения в годичном разрезе; крутизны поверхности, величины водосбора, типа почвы, особенностей строения почвенного профиля, характера и состояния растительного покрова.

Территориальное распределение современной эрозии почв в сельскохозяйственных зонах Российской Федерации является сложным и определяется совокупностью природных и антропогенных факторов, ведущими среди которых являются почвенно-климатическая зональность, тип сельскохозяйственного использования и рельеф. Наблюдается общее увеличение интенсивности эрозии в направлении с севера на юг в соответствии со сменой географических зон, на фоне которого выделяются пятна ускоренной эрозии. Эти пятна приурочены к районам, где преобладает действие азональных факторов, – широко-масштабное земледелие в лесостепной и степной зонах, или рельефа – в высокогорных районах.

Усиление эрозии и дефляции почв, характерное для последних десятилетий, связано не только с увеличением площадей пахотных земель и ростом нагрузки на пастбища, но и с появлением тяжелой техники, уплотняющей почву при обработке и разрушающей ее структуру. Развитию эрозионных процессов способствовало применение в условиях расчлененного рельефа традиционных приемов землеустройства и почвообработки, пригодных лишь для ровных водораздельных пространств.

Наибольшую опасность для водных объектов представляет поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий, где применяются удобрения. Количественная оценка антропогенной составляющей показывает, что с начала 70-х годов 20-го столетия (времени, к которому приурочено усиление химизации народного хозяйства) произошло устойчивое увеличение антропогенного стока биогенных элементов. Однако необходимо отметить, что за последнее десятилетие 20-го века из-за кризиса агропромышленного комплекса объемы вносимых удобрений в России резко сократились. Несмотря на это, происходит вы-

нос биогенных веществ самой почвы, часто обусловленный нерациональными приёмами обработки почв.

Качественный состав диффузных стоков, формирующихся на сельскохозяйственных водосборах, зависит, главным образом, от химического состава почвы: от емкости поглощения и содержания питательных веществ, а также количества, сроков, видов и форм удобрений. Однако под влиянием ряда процессов, протекающих на водосборе, может наблюдаться трансформация состава диффузного стока.

Усилению внутрипочвенной миграции химических веществ и активизации эрозионных процессов, как правило, способствует проведение гидромелиоративных мероприятий с целью оптимизации почвенных режимов. В результате проведения этих мероприятий нередко наблюдается активизация и деградиционных процессов. Орошение черноземов приводит к снижению их плодородия (приближает их к серым лесным и подзолистым почвам). Орошение дерново-подзолистых почв еще в большей степени усиливает подзолообразовательный процесс, снижает содержание гумуса, способствует ухудшению структуры. Осушительные мелиорации также могут оказать негативное влияние на водно-физические и агрохимические свойства почв. На торфяных почвах после осушения наблюдается уплотнение почвенных агрегатов и уменьшение коэффициента фильтрации в 10-50 раз. В супесчано-песчаных почвах в результате осушения также происходит уплотнение горизонтов выше уровня грунтовых вод и уменьшение их коэффициента фильтрации.

Таким образом, **формирование ресурсов и качества** поверхностных вод определяется **комплексом природных и антропогенных факторов**. В отличие от антропогенных факторов, воздействием которых на формирование стока можно управлять, действие природных факторов не поддается регулированию, но их влияние необходимо учитывать при выработке и принятии управленческих решений.

Бассейны рек, как и любые природные комплексы, являются саморегулирующимися системами. До тех пор, пока хозяйственная деятельность на водо-

сборах была незначительной, она сравнительно мало отражалась на структуре и функционировании геоэкосистем речных бассейнов и, в частности, водных экосистем. Однако по мере усиления антропогенного воздействия на водосборы речных бассейнов постепенно возрастали и его негативные последствия, поскольку любая экосистема способна выдерживать антропогенные нагрузки лишь до определенных пределов, разных для различных систем и форм воздействия на них. Когда интенсивность воздействия превышает этот предел, то характерный тип функционирования геоэкосистем нарушается, что приводит к их деградации.

Таким образом, глобальный характер хозяйственной деятельности человека приводит к изменению величины и соотношения приходно-расходных элементов влагооборота и естественной биогеохимической цикличности природных процессов, нарушает сбалансированность динамического равновесия, ослабляет устойчивость связей геоэкосистем бассейнов.

4. Значение воды для жизнедеятельности живых организмов

В теле растения, где среднее содержание воды составляет 75 %, водная фаза представляет собой непрерывную среду на всем протяжении от влаги, извлекаемой корнями из почвы, до поверхности раздела жидкость-газ в листьях, где она испаряется. Вода – главный компонент в транспортной системе высших растений – в сосудах ксилемы и в ситовидных трубках флоэмы, при перемещении веществ по симпласту и апопласту. В ходе прогрессивной эволюции растения приобретали все большую относительную независимость от воды. Для водорослей вода – это среда обитания. Наземные споровые растения еще сохраняют зависимость от капельно-жидкой воды в период размножения с участием гамет, передвигающихся с помощью жгутиков. Семенные растения, у которых появляется пыльца, уже не нуждаются в свободной воде для полового процесса. У них совершенствуются механизмы поступления и экономного расходования воды, необходимой для жизнедеятельности растительных организмов

Тело взрослого человека состоит из воды на 50-60%, новорожденного организма – на 75%, а эмбриона – на 97%. Вода составляет около 92% крови, 70% общего веса скелетных мышц, 84% серого вещества мозга, 22 % костной ткани. Полное голодание, но при условии потребления воды переносится человеком в течение 40-45 дней. Потеря веса тела при этом может достигать 40%. При лишении же воды потеря 10% веса уже ведет к тяжелым поражениям, а потеря 20-22% – к смерти.

Вода выполняет в живых организмах следующие функции:

1. **Водная среда** объединяет все части организма, начиная от молекул в клетках и кончая тканями и органами, в единое целое.

2. **Вода** – важнейший растворитель и важная среда для биохимических реакций.

3. **Вода** транспортирует питательные вещества по организму и выводит продукты жизнедеятельности из клеток.

4. **Вода** участвует в упорядочении структур в клетках. Она входит в состав молекул белков, определяя их конформацию. Удаление воды из белков высаливанием или с помощью спирта приводит к их коагуляции и выпадению в осадок. В поддержании структур гидрофобных участков белковых молекул и липопротеинов, возможно, существенна роль структурированной воды.

5. **Вода** – метаболит и непосредственный компонент биохимических процессов. Так, при фотосинтезе вода является донором электронов. При дыхании, например, в цикле Кребса, вода принимает участие в окислительных процессах. Вода необходима для гидролиза и для многих процессов синтеза.

6. **Вода** – терморегулирующий фактор. Она защищает ткани от резких колебаний температуры благодаря высокой теплоемкости и большой удельной теплоте парообразования.

7. **Вода** – хороший амортизатор при механических воздействиях на организм.

8. Благодаря явлениям осмоса и тургора **вода** обеспечивает упругое состояние клеток и тканей живых организмов.

Уникальность роли воды, согласно существующим представлениям, проявляется не только в том, что вода служит специфической средой для прохождения биологических реакций, но и в том, что она непосредственно воздействует на формирование и стабилизацию нативной структуры макромолекул биополимеров, биологических мембран и различных более сложных надмолекулярных образований. Предполагается также, что вода непосредственно влияет и на эффективность биологических реакций, причем результирующее изменение конформации белков и свободной энергии системы связано с одновременным изменением структуры и водного компонента (изменением состояния воды).

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Авакян А.Б. О воде с тревогой и надеждой. – Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 1999. – 174 с.

2. Вода России. Экосистемное управление водопользованием / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 356 с.

3. Водогрецкий В.Е. Антропогенное изменение стока малых рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 176 с.

4. Дроздов О.А., Сорочан О.Г., Шикломанов И.А. Предварительная оценка возможных изменений глобального влагооборота под влиянием хозяйственной деятельности // Водные ресурсы. – 1976. – №6. – С. 45-55.

5. Кукушкин Ю.Н. Химия вокруг нас: справ. пособие. – М.: Высшая школа, 1992. – 192 с.

6. Полевой В.В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.

7. Черняев А.М. Самый удивительный минерал. Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1980. – 192 с.

Лекция 3. Использование воды в народном хозяйстве

Главная цель водного хозяйства заключается в обеспечении качественной водой населения и хозяйственного комплекса, в создании благоприятных условий для функционирования всех отраслей экономики. Благодаря своим свойствам вода является неперенным участником всех технологических процессов; без нее невозможна работа промышленности, транспорта, сельского хозяйства. Вода – наиболее надежный и дешевый теплоноситель: ею греют, но ею же охлаждают. Вода – источник энергии и переносчик грузов. Незаменима вода и в быту: без нее немыслимы приготовление пищи, личная гигиена, отдых. Для промышленности вода является столь же необходимой, как уголь, медь, железо и другие природные ресурсы. Для выплавки 1 т чугуна и получения из нее стали и проката расходуется около 300 м³ воды, 1 т меди – 500 м³, на производство 1 т никеля необходимо 4000 м³ воды. Если ежегодное мировое потребление минеральных ресурсов составляет 7-9 млрд. т, то воды расходуется 7-8 млрд. т ежедневно.

1. Общие представления о водопользовании

В зависимости от вида целевого назначения воды ее применение в течение уже многих лет было принято подразделять на водопользование и водопотребление.

При **водопользовании вода**, оставаясь в водоемах и водотоках, является средой или механическим источником энергии. Основными водопользователями являются: водный транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, гидроэнергетика.

Водопотребление связано с забором воды из водоемов и водотоков. Круг водопотребителей очень широк – это промышленность, сельское хозяйство, коммунально-бытовые организации, предприятия общественных производств, железнодорожный транспорт и т.д. Водопотребление от водопользования отли-

чается не только безвозвратным изъятием части воды, но и загрязнением природных вод возвратными стоками.

Вместе с тем, следует отметить, что наряду с широким использованием в обиходе понятий «водопользование» и «водопотребление», в современной профессиональной терминологии в последние годы чаще используется обобщенное понятие **«водопользование»**, под которым понимаются все виды отношений к воде, водоемам, водоисточникам.

Согласно статье 38 Водного кодекса Российской Федерации по способу использования водных объектов **водопользование** подразделяется на:

- 1) водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов при условии возврата воды в водные объекты;
- 2) водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов без возврата воды в водные объекты;
- 3) водопользование без забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов.

В ГОСТе 17.1.1.03 – 86. **«Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользований»** отражены цели и способы использования водных объектов. Согласно пункту 2.1 данного ГОСТа водные объекты могут использоваться для следующих целей:

- 1) хозяйственно-питьевые нужды населения;
- 2) коммунально-бытовые нужды населения;
- 3) лечебные, курортные и оздоровительные цели;
- 4) нужды сельскохозяйственного производства (без орошения);
- 5) орошение;
- 6) промышленные нужды;
- 7) нужды гидроэнергетики;
- 8) нужды водного транспорта и лесосплава;
- 9) нужды рыбного хозяйства;
- 10) сброс сточных вод;
- 11) природоохранные нужды;

- 12) санитарные попуски;
- 13) многоцелевое водопользование;
- 14) прочие нужды.

Таким образом, вода широко используется в быту, промышленности, энергетике, сельском хозяйстве и т.д.

Подсчитано, что если город потребляет в день 600 тыс.м³, то он дает около 500 тыс.м³ сточных вод.

Сточные воды – это воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека.

Водоотведение – технологический процесс, обеспечивающий прием сточных вод с последующей подачей их на очистные сооружения канализации.

В зависимости от условий образования **сточные воды** делятся на:

- бытовые;
- атмосферные;
- промышленные;
- сельскохозяйственные.

Степень влияния сточных вод на водоем зависит от характера сбрасываемых загрязнителей, их количественного соотношения. Сама по себе сточная неразведённая вода всегда имеет выраженный токсический эффект, который отрицательно сказывается на здоровье людей, и может послужить причиной возникновения различного рода инфекционных заболеваний. Попадая в организм людей с питьевой водой, многие ядовитые металлы и их органические соединения, например, свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, содержащиеся в сточных водах предприятий, могут вызвать отравление людей, преимущественно хроническое. Таким образом, все существующие виды загрязнений, какие бы они ни были, оставляют свой отпечаток на состоянии здоровья человека, животных, на развитии организмов и этим подчеркивают опасность загрязнения.

Загрязнение поверхностных и подземных вод – это вызванное хозяйственной деятельностью изменение физических, химических и биологических

свойств воды по сравнению с нормами качества воды в естественном состоянии.

Засорение вод – это поступление в водоем посторонних нерастворимых в воде предметов, не изменяющих качество воды, но влияющих на качественное состояние русел водоемов и водотоков.

2. Показатели качества воды

Качество воды – это характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

Критерий качества воды – признак, по которому производится оценка качества воды по видам водопользования.

Качество воды определяется главным образом составом и количеством растворенных и взвешенных веществ, биомассы и микроорганизмов. Исторически сложилась система оценки качества природных вод, с одной стороны, по показателям, характеризующим среду (гидрохимические показатели), а, с другой стороны, по показателям, характеризующим состояние биоты (гидробиологические показатели). Гидрохимические показатели позволяют судить о влиянии природных факторов и интенсивности антропогенного воздействия по концентрации и составу веществ, гидробиологические - дают возможность оценить ответную реакцию биоты на весь комплекс антропогенных факторов.

Показатели качества воды

Органолептические – определяются с помощью органов чувств человека (запах, вкус, цветность, мутность)

Физические – температура, вязкость, плотность, концентрация, электрическая проводимость и т.д.

Химические – активная реакция (рН), окисляемость, растворимость газов, сухой остаток, жесткость, концентрация химических веществ, и др. Сюда же можно отнести:

Химическое потребление кислорода (ХПК), мг/л – количество кислорода, необходимое для химического окисления содержащихся в воде органических веществ (ХПК 20 мгО₂/л – чистая)

Биологическая потребность в кислороде (БПК), мг/л – количество кислорода, необходимое для биологического разложения органики за определенный отрезок времени (1, 2, 5, 20 суток) (БПК – 2 мгО₂/л – чистая).

Бактериологические показатели: колииндекс – количество кишечных палочек в 1 л воды; колититр – количество миллилитров воды, в которых обнаружена 1 кишечная палочка.

3. Существующие подходы к оценке качества воды

Наиболее простым и распространенным методом оценки качества поверхностных вод является оценка качества воды по отдельным гидрохимическим показателям, в основе которой лежит сопоставление абсолютных значений ингредиентов и показателей загрязнения с нормативами. В качестве нормативов в нашей стране принята система предельно допустимых концентраций (ПДК), разработанная для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и для рыбохозяйственных объектов.

Под ПДК следует понимать такие концентрации различных токсичных химических веществ, содержащихся в воде в виде взвешенных и растворенных веществ, которые при ежедневном воздействии не вызывают патологических изменений или заболеваний.

Используемая в настоящее время оценка качества вод с помощью ПДК имеет ряд существенных недостатков, которые обусловлены:

- несоответствием между громадным количеством поступающих в водные объекты веществ антропогенного происхождения и относительно малым числом установленных ПДК;

- отсутствием полной ясности в оценке совместного действия этих веществ на здоровье человека и состояние водных экосистем;
- трудностями аналитического определения ряда веществ на уровнях, близких к ПДК;
- сложностями в организации и проведении текущего контроля загрязненности водных объектов.

Некоторыми специалистами предлагается контроль в реке по ПДК заменить контролем качества сбрасываемых в реки сточных вод, а оценку качества рек и водоемов производить преимущественно на основе биологических критериев. Однако на современном этапе используемая оценка качества вод с помощью ПДК, несмотря на указанные недостатки, остается достаточно простым и удобным индикатором качества природных вод и служит правовой основой для решения ряда вопросов водоохранной практики. Существующая в настоящее время система контроля и нормирования предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ в реки (ПДС) до сих пор основана на действующих нормативах ПДК, хотя сегодня стало очевидным, что политика, основанная на идеологии ПДС – ПДК, нуждается в коренном изменении.

В последние годы усилия многих исследователей направлены на разработку иных подходов к решению проблемы оценки качества воды, в основе которых лежит использование комплексных характеристик состояния водных объектов. Одним из них является использование интегральных показателей, характеризующих свойства воды, обусловленные комплексом физико-химических и в ряде случаев биологических процессов (например, рН, растворенный кислород и др.), и групповых показателей, объединяющих несколько веществ (например, общий азот, органический углерод и т.д.).

В ряде случаев при анализе информации о загрязнении поверхностных вод возникает необходимость ее сжатого представления в виде комплексных интегральных индексов, составленных по совокупности значений так или иначе выбранных показателей. Поскольку в индекс входит большое число показателей, то по его значению нельзя непосредственно определить величину отдель-

ного показателя, а можно лишь ориентировочно указать диапазон его возможных значений. Тем не менее, такого рода оценки могут быть использованы при определении эффективности работы очистных сооружений, прогнозировании качества воды и разработке водоохраных мероприятий.

К примеру, во ВНИИВО В.П.Белогуровым и др. разработан коэффициент загрязненности (КЗ) – обобщенный показатель, характеризующий относительную степень загрязненности по всем нормируемым показателям качества воды, измеряемым многократно во многих створах водного объекта или его участка. Величина КЗ показывает, во сколько раз в среднем по всем измерениям нормируемые показатели качества воды превышают наиболее жесткие ПДК. По мнению авторов, коэффициент загрязненности позволяет оценивать и сравнивать между собой уровни загрязненности и тенденции их изменения для различных регионов.

Многообразие реакций водных организмов на воздействие загрязняющих веществ послужило основой создания множества различных вариантов гидробиологических методов оценки качества природных вод. В настоящее время в России и за рубежом используются различные системы оценок, основанные на выделении показательных (индикаторных) организмов, определении микробиологических показателей качества воды, продукционных характеристик сообщества, а также анализа комплекса структурных и функциональных показателей состояния биоты.

Широкое распространение получила **классификация степени загрязненности водоемов** по содержащимся в них видам растений и животных, разработанная в 1909 году Р. Колквитцем и М. Марсоном. Эта классификация, получившая название системы сапробности, в дальнейшем была усовершенствована и дополнена в 1927 году Я. Я. Никитинским и Г. И. Долговым. По определению этих авторов, **сапробностью** называется комплекс физиологических свойств данного организма, обуславливающий его способность развиваться в воде с тем или иным содержанием органических веществ, с той или иной степенью загрязнения.

В зависимости от степени загрязнения воды водоемов и их отдельных участков выделяют зоны сапробности (табл. 3).

Таблица 3

Зоны сапробности

Зоны сапробности (по Р. Колквитцу и М. Марсону)	Знак зоны	Класс чистоты
Полисапробная	p	IV
Альфа-мезосапробная	α -m	III
Бета-мезосапробная	β -m	II
Олигосапробная	o	I

Полисапробная зона характеризуется большим содержанием нестойких органических веществ и продуктов их анаэробного распада. Альфа-мезосапробная зона характеризуется началом анаэробного распада органического вещества. Бета-мезосапробная зона присуща водоемам, почти свободным от нестойких органических веществ. Олигосапробная зона характеризует практически чистые водоемы с небольшим содержанием нестойких органических веществ и продуктов их минерализации.

В течение многих лет системы оценки качества вод по гидрохимическим и гидробиологическим показателям существовали практически независимо друг от друга, но возросшие требования к охране природных объектов от загрязнения и необходимость сохранения целостности их экосистем диктуют целесообразность совместного использования дополняющих друг друга оценок.

В качестве примера системы оценки качества природных вод с позиции экологического благополучия, учитывающей целый комплекс гидрохимических и гидробиологических показателей, можно привести нормативы качества поверхностных проточных вод, разработанные по линии Совещания руководителей водохозяйственных органов стран – членов СЭВ. Оценка степени чистоты

или загрязненности воды осуществляется на основе сопоставления фактических и нормативных значений репрезентативных показателей качества воды. При этом выделяются следующие группы этих показателей:

А – общефизические показатели и показатели неорганических веществ;

Б – общие показатели органических веществ;

В – показатели неорганических промышленных загрязняющих веществ;

Г – показатели органических промышленных загрязняющих веществ;

Д – биологические показатели.

Как известно, рыбохозяйственные нормативы качества воды (ПДК) являются более жесткими по сравнению с гигиеническими, поэтому они в большей степени отвечают экологическим требованиям. Вместе с тем, по целому ряду веществ (хлориды, нитриты, свинец, производные нефти и др.) экологические требования значительно выше даже рыбохозяйственных. За основу оценки качества воды принимается класс качества, который определяется по каждому из нормируемых показателей в конкретном пункте наблюдений. В соответствии с этими рекомендациями, предполагается оценка качества воды по шести классам. Достоинством данной классификации является то, что она основана на экологических критериях состояния водных объектов с учетом устойчивости их как экосистемы. Недостаток ее заключается в однозначности определения класса качества по одному или многим показателям, соответствующим этому классу.

Таким образом, со временем происходит усложнение оценок качества природных вод, использующих в качестве критерия ПДК, – от простых оценок по единичным физико-химическим показателям к более сложным интегральным оценкам, и к еще более сложным методам, оценивающим качество воды по комплексу гидрохимических, гидробиологических и других показателей. Существующие методы оценок разнообразны, часто созданы для решения вполне определенных задач, а следовательно, каждый из них имеет в зависимости от своих особенностей ограниченное применение. В связи с этим, по мнению многих специалистов, актуальной задачей является создание системы оценки эко-

логического состояния водных объектов, тесно связанной, прежде всего, с разработкой критериев (экологических норм) “здоровья” водной экосистемы. Трудности, возникающие при попытках решения этой проблемы, связаны с чрезвычайным многообразием факторов, обуславливающих формирование качества поверхностных вод и ограниченностью наших знаний о функционировании водных экосистем и их реакциях на воздействия как антропогенного, так и естественного происхождения. Следовательно, проблема оценки качества поверхностных вод и его изменений в условиях антропогенного воздействия является в настоящее время недостаточно разработанной, а методы оценки их загрязненности нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

4. Оценка пригодности состава и свойств поверхностных вод для использования в различных целях

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения, культурно-бытовых нужд населения и рыбохозяйственных целей используются реки, водохранилища, озера, искусственные каналы. Пригодность состава и свойств поверхностных вод, используемых для этих целей, определяется соответствующими требованиями и нормативами, изложенными в “Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами”.

Согласно “Правил”, все водные объекты подразделяются на 2 типа:

- 1) хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения;
- 2) используемые для рыбохозяйственных целей.

В свою очередь, водные объекты первого типа подразделяется на две категории:

- 1) объекты, используемые для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и снабжения пищевых предприятий,
- 2) объекты, используемые для купания, спорта, отдыха и водоемы в черте населенных пунктов.

Водные объекты второго типа тоже имеют две категории:

1) объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду;

2) объекты, используемые для всех других видов рыбохозяйственной деятельности.

Для оценки санитарного состояния водной среды применяются следующие показатели:

- предельно допустимая концентрация химических веществ в воде (ПДК);

-временная допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) химических веществ – ВДК;

-предельно допустимый сброс загрязняющих веществ в водный объект (ПДС).

У нас действует система санитарно-гигиенического нормирования, основанная на установлении ПДК вредных веществ в воде, утверждении их в Минздраве и учет их в СанПиНе “Санитарных правилах и нормах”

В качестве основного показателя опасности загрязнения воды принята весовая концентрация примесей, мг/дм³.

В зависимости от ПДК все химические вещества разделены на 4 класса опасности:

- чрезвычайно опасные (1 класс);

- высоко опасные (2 класс);

- умеренно опасные (3 класс);

- малоопасные (4 класс).

ПДК устанавливаются для вод хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения. При комбинированном воздействии нескольких веществ учитывают сумму их вредного воздействия. При этом должно выдерживаться следующее неравенство:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n < 1$$

Временно допустимая концентрация вводится для новых загрязняющих веществ, о токсичном действии которых ранее не знали или они получены на новом производстве. Это стадия при разработке ПДК.

Предельно допустимый сброс (ПДС) – это количество вредных веществ в сточных водах, сбрасываемых в единицу времени, которое допустимо к отведению в данном пункте водного объекта с целью обеспечения норм качества воды в (ПДК) контрольном пункте (створе). Сущность введения ПДС состоит в том, что при существующих методах сокращения отходов производства практически невозможно полностью избежать проникновения вредных веществ в гидросферу. Вместе с тем можно уменьшить их вредное воздействия до установленного предела путем разбавления чистой водой.

Общие условия выпуска сточных вод любой категории в поверхностные водоемы определяются народнохозяйственной их значимостью. После выпуска сточных вод допускается некоторое ухудшение качества воды в водоемах, однако это не должно заметно отражаться на его жизни и на возможности дальнейшего использования водоема в качестве источника водоснабжения, для культурных и спортивных мероприятий, рыбохозяйственных целей.

Как было отмечено выше, в России принята система нормирования на основе предельно допустимых концентраций вредных загрязнений, определяемых на основе гидрологических и гидродинамических особенностей водоема, которые позволяют наметить комплекс технологических и санитарно-технических мероприятий по предупреждению его загрязнения и истощения при проектировании и реконструкции промышленных предприятий, а также при изменении технологии производства.

Условия выпуска производственных сточных вод в водоемы регламентируются:

1. Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами
2. Правилами санитарной охраны прибрежных районов морей
3. Санитарными правилами для речных и озерных судов
4. Санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений.

В качестве примера рассмотрим нормативы качества воды водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.

Правила устанавливают нормативы качества воды для водоемов по двум видам водопользования. К первому виду относятся участки водоемов, используемые в качестве источника для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности. Ко второму – участки водоемов, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также находящиеся в черте населенных пунктов.

Приведенные в правилах нормативы качества воды водоемов относятся к створам, расположенным на проточных водоемах на 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования, а на непроточных водоемах и водохранилищах на 1 км по обе стороны от пункта водопользования.

Какие же это показатели качества воды?

Растворенный кислород. В воде водоема после смешения с ней сточных вод количество растворенного кислорода не должно быть менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 часов дня.

Биохимическая потребность в кислороде Полная потребность воды в кислороде при температуре 20 С не должна превышать 3 и 6 мг/л для водоемов соответственно первого и второго вида, а также для морей.

Взвешенные вещества. Содержание взвешенных веществ в воде водоема после спуска сточных вод не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/л для водоема питьевого назначения и на 0,75 мг/л в водоеме культурного бытового назначения. Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение концентрации взвешенных веществ в воде до 5%.

Запахи и привкусы. Вода не должна приобретать запахов и привкусов интенсивностью более 3 баллов для морей и 2 баллов, обнаруживаемых в водоемах первого вида непосредственно или при последующем хлорировании. Вода не должна сообщать посторонних запахов и привкусов мясу рыбы.

Окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой 20 см для водоемов первого вида и 10 см для водоемов второго вида и морей.

Реакция воды (рН) водоема после смешения ее со сточными водами не должна быть $6,5 < \text{pH} < 8,5$.

Ядовитые вещества не должны содержаться в концентрациях, которые могут оказать прямо или косвенно вредное действие на здоровье населения.

Плавающие примеси. Сточные воды не должны содержать минеральных масел и других плавающих веществ в таких количествах, которые способны образовать на поверхности водоема пленки, пятна и скопления.

Возбудители заболеваний не должны содержаться в воде. Сточные воды, содержащие возбудители заболеваний, должны подвергнуться обеззараживанию после предварительной очистки. Методы обеззараживания биологически очищенных вод должны обеспечивать коли-индекс не более 1000 при содержании остаточного хлора не менее 1,5 мг/л.

Минеральный состав для водоемов первого вида не должен превышать по плотному остатку 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 мг/л и сульфатов 500 мг/л.

Температура воды водоема в результате спуска в него сточных вод не должна превышать летом более 3°C по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет.

Нормативы состава и свойств водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, могут относиться к району выпуска сточных вод при быстром смешении их с водой водоема или к району ниже выпуска сточных вод с учетом возможной степени их смешения и разбавления на участке от места выпуска до ближайшей границы рыбохозяйственного участка водоема. На участках массового нереста и нагула рыб выпуск сточных вод не разрешается. При выпуске сточных вод в рыбохозяйственные водоемы предъявляются более высокие требования, чем при выпуске сточных вод в водоемы, используемые для питьевых и культурно-бытовых нужд населения.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Белогуров В.П., Лозанский В.Р., Песина С.А. Применение обобщенных показателей для оценки уровня загрязненности водных объектов // Комплексные оценки качества поверхностных вод. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – С.33 - 43.
2. Верниченко А.А. Классификации поверхностных вод, основывающиеся на оценке их качественного состояния // Комплексные оценки качества поверхностных вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – С. 14-24.
3. Водный кодекс Российской Федерации. – М., 2007. – 56 с.
4. Гурарий В.И., Шайн А.С. Комплексная оценка качества воды // Проблемы охраны вод. – Харьков, 1975. – Вып.6. – С.143-151.
5. Единые критерии качества вод. – М.: СЭВ, 1982. – 70 с.
6. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. – Т.88. – С.119-130.
7. Липунов И.Н. Основы химии и микробиологии природных и сточных вод. – Екатеринбург, 1995. – 212 с.
8. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М., 1988. – 8 с.
9. Мороков В.В. Природно-экономические основы регионального планирования охраны рек от загрязнения. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 286 с.
10. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения. – М., 1991.
11. Соколова Л.П., Матвеева Н.П., Брызгало В.А., Бражникова Л.В. Современное состояние методов оценки качества поверхностных вод суши (Обзорная информация. Сер.: Контроль загрязнения природной среды). – Обнинск, 1985. – 47 с.

Раздел 2. Управление использованием, охраной и воспроизводством водных ресурсов

Лекция 4. Современное состояние водного фонда России: основные проблемы и причины их возникновения

За последние десятилетия масштабы использования природных ресурсов резко возросли. Уровень мирового потребления воды, биологических ресурсов и добычи полезных ископаемых приближается к предельным отметкам, за которыми становится невозможным их естественное воспроизводство.

Бурное развитие цивилизации, которое сопровождается крупномасштабными воздействиями на природные экосистемы, выдвигает на повестку дня необходимость разработки новой концепции экологической безопасности, нацеленной на выживание всего человечества в новом тысячелетии. В последнее время появилось много публикаций, посвященных проблеме выживания, глобальной экологии, экологии человека и т.д. Ученые и политики ищут приемлемого выхода из экологического кризиса. И, вместе с тем, всеобщего понимания нависшей над человеческим обществом опасности пока, к сожалению, не приходит. Объясняется это отсутствием, прежде всего, четкой, всей понятной концептуально-политической стратегии социально-экономического развития.

Экологические (особенно инженерно-экологические и эколого-экономические) аспекты в последние десятилетия являются одними из приоритетных направлений международной деятельности наиболее развитых стран мира. Мировое сообщество постепенно приходит к осознанию, что современный мир един, он включает косную, живую и техногенную составляющие. Целостность системы мира предполагает целостную систему мер по его сохранению и дальнейшей эволюции. Именно в таком понимании концепция устойчивого развития, которая была провозглашена на конференции ООН по окру-

жающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.) знаменует становление нового мышления человечества.

Важнейшую роль в обеспечении устойчивого социально-экономического развития играют водные ресурсы. Россия является одной из наиболее богатых водными ресурсами стран. По объему речного стока (4262 км³) наша страна занимает 2-е место в мире после Бразилии. Хотя в целом по стране объемы водозабора составляют незначительную часть располагаемых (возобновляемых) водных ресурсов (около 2%), многие регионы страны испытывают в них острый дефицит по следующим причинам:

- размещение производительных сил не соответствует естественной обеспеченности водными ресурсами. На развитые, плотно заселенные районы европейской территории страны, где сосредоточено около 80% населения и производственного потенциала, приходится лишь около 8% речного стока;

- неблагоприятное распределение стока рек как в многолетнем разрезе (маловодные и многоводные годы), так и по сезонам года. На многих реках, особенно в европейской части России и Западной Сибири, около 65-70% годового стока приходится на 1-2 весенних месяца. Это вызывает необходимость проведения дорогостоящих мероприятий по регулированию и перераспределению стока, защите от паводков.

В связи с этим водообеспечение населения и объектов экономики, предотвращение деградации водных объектов и поддержание надлежащего качества воды в них, защита от вредного воздействия вод возможны лишь с помощью гидротехнических систем и сооружений, требующих проведения трудоемких и дорогостоящих мероприятий.

1. Основные водные проблемы и причины их возникновения

В настоящее время состояние водных объектов по России и водохозяйственной деятельности в целом следует признать неблагоприятным. Среди множества проблем, обострившихся в последние годы, выделим наиболее важные.

Первая проблема – ухудшение качества вод. Водные объекты – не только поставщики свежей воды, они же и хранилища всех водных отходов. 40% сброшенных вод – это неочищенные или загрязненные воды. В результате загрязненность большинства рек не сокращается, несмотря на сокращение объемов сброса в связи со спадом производства. Воды рек всей западной половины страны, включая Енисей, за исключением отдельных их участков, относятся к загрязненным или грязным.

Вторая проблема – обострение вопросов хозяйственно-питьевого водоснабжения. Около 50% населения России употребляет воду, не отвечающую санитарно-гигиеническим требованиям. Здесь много различных причин технического и технологического характера. Следует отметить наиболее важные:

- прекращение строительства водохранилищ питьевого назначения и водораспределительных систем;

- нерациональное использование очищенных питьевых вод, т.к. эти же воды на 40% используются на промышленные нужды; кроме того, 15-25% теряется в виде утечек при транспортировке в водопроводных системах. Таким образом, непосредственно на питьевые и хозяйственные нужды используется лишь 50% очищаемых вод, затраты же на очистку других 50% надо признать нерациональными;

- практически прекратившееся освоение месторождений подземных вод, защищенных от загрязнения; крупнейшие города страны, включая Москву, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Екатеринбург и др., по-прежнему снабжаются из незащищенных источников при наличии разведанных запасов подземных вод.

Третья проблема – углубление тенденций расточительного водопользования. Водоемкость экономики страны крайне высокая. Ежегодно производится и потребляется свежей воды около 76 млрд т, что в 40 раз больше, чем в сумме всех остальных воспроизводимых и невоспроизводимых природных ресурсов. В 2 раза превышен необходимый уровень потребления воды в коммунальном хозяйстве. В структуре использования воды 55,6% приходится на долю про-

мышленности (главным образом, теплоэлектроэнергетику), около 25% - на сельское хозяйство и 18,2% - на жилищно-коммунальное хозяйство. Несмотря на значительный спад производства, потребление воды сократилось в значительно меньшей доле (менее чем на 30%), а в жилищно-коммунальном хозяйстве даже возросло на 20% по сравнению с 1991 г., сохраняется высокая нагрузка на бассейны ряда рек.

Четвертая проблема – возрастание ущербов от вредного воздействия вод. Паводки, наводнения, размыв и разрушение берегов рек, водохранилищ, морей, дамб, подтопление подземными водами городов, оползни, сели, заболачивание и засоление земель, эрозия почв, развитие оврагов – все эти процессы связаны с вредным воздействием вод. В последние годы, к сожалению, они оказались вне сферы необходимого внимания, изучения и профилактических работ. Усилению неравномерности стока во временном разрезе, а следовательно, возрастанию ущербов от вредного воздействия вод способствуют не только природно-климатические особенности территории, но и интенсивная хозяйственная деятельность на водосборах. Приоритетное место в ряду стихийных бедствий от вредного воздействия вод по повторяемости, охвату территории и среднему годовому материальному ущербу занимают **наводнения**.

На протяжении веков и тысячелетий люди интуитивно оценивали риск наводнений – сопоставляли выгоды от освоения прибрежных территорий с потенциально возможными отрицательными последствиями их затопления. Наводнения были естественным сдерживающим фактором хозяйственного освоения пойменных территорий. Однако в последние столетия «агрессия» человека на поймы приняла такие масштабы, что стало очень сложно создавать опережающую систему защиты. Все это не замедлило сказаться: в век технического прогресса наводнения унесли более 9 миллионов человеческих жизней и причинили огромный материальный ущерб, который имеет тенденцию к росту. Обострение проблемы наводнений сыграло немалую роль в принятии ООН решения об объявлении 90-х годов прошлого века десятилетием борьбы со стихийными бедствиями.

Наиболее паводкоопасными районами являются Приморский край, Сахалинская и Амурская области, Забайкалье, Средний и Южный Урал, Нижняя Волга и Северный Кавказ. Материальный ущерб от паводков ежегодно составляет около 3 трлн рублей, а в отдельные годы – до 6 трлн. рублей. Ущерб от подтопления оценивается еще в большем размере.

Возрастание материального ущерба происходит и от таких вредных воздействий вод, как подтопление подземными водами городов, размыв и разрушение берегов и т.д.

Подтопление – это природно-социальное явление, вызванное увеличением влажности почв и грунтов. В результате резко ухудшается жизнедеятельность растений, разрушаются фундаменты сооружений и происходит ряд сопутствующих опасных нарушений геологической среды, что, в конечном счете, приводит к громадному эколого-экономическому ущербу. Предупреждение подтопления и ликвидация его последствий требуют значительных капиталовложений.

Как правило, подтопление обусловлено нарушением естественного водного режима территории в результате хозяйственной деятельности, что приводит к превышению приходных статей водного баланса над расходными. Основными из них считаются следующие:

- потери воды из водонесущих коммуникаций и водосодержащих емкостей;
- нарушение естественных условий формирования поверхностного стока при недостаточном развитии ливневой канализации;
- большое водопотребление и недостаточное развитие канализации в домах частного сектора;
- нарушение естественных путей дренирования подземных вод;
- конденсационные явления на участках, где нарушен естественный процесс испарения.

Пятая проблема – значительное ухудшение состояния водохранилищ и гидротехнических сооружений. Основными проблемами водохранилищ явля-

ются евтрофикация и ухудшение качества воды. В Российской Федерации в настоящее время насчитывается свыше 2650 водохранилищ и около 42 тыс. водоемов объемом 1 млн м³ и менее. В стране созданы и функционируют десятки гидротехнических сооружений, возраст которых составляет 30-40 и даже более 100 лет. Из общего количества гидроузлов средних и малых водохранилищ около 10% являются бесхозными, не имеют службы эксплуатации и не ремонтируются в течение десятилетий, 70% сооружений не имеют технических проектов, 11% плотин находятся в опасном состоянии, капитального ремонта требуют 19% плотин и 22% водосбросов. 40% водохранилищ имеют возраст более 30 лет. Поэтому обследование и составление кадастра сооружений такого типа является актуальной задачей. Около 400 плотин находятся в аварийном состоянии. Практически прекращены работы по расчистке дна малых рек, дна водохранилищ, аэрации вод, укреплению берегов и т.д.

Шестая проблема – деградация малых рек. В Российской Федерации – около 2,5 млн. малых рек, 127 тыс. их них интенсивно используются для нужд населения и объектов экономики. В настоящее время наблюдается резкое ухудшение состояния малых рек. Происходит их заиление, загрязнение, засорение, обрушение берегов. Сток малых рек, особенно в европейской части России, снизился более чем наполовину. В результате происходит разрушение водных экосистем, что делает эти реки непригодными для использования.

Седьмая проблема – деградация водосборных пространств и возрастание доли диффузных загрязнений в общем объеме загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты вследствие антропогенной деятельности.

При сохранении существующих тенденций экологически несбалансированного антропогенного воздействия на компоненты экосистем в течение ближайших десятилетий процессы деградации водосборных территорий будут прогрессировать, что вызывает опасность деградации гидросферы в целом.

Для решения водохозяйственных проблем в конце 20- начале 21 вв. разработан ряд федеральных целевых программ: «Возрождение Волги», «Обеспечение населения России питьевой водой», «Каспий», «Противопаводковые ме-

роприятия», «Обь», «Томь», «Оздоровление экологической обстановки в бассейне Балтийского моря» и др. По некоторым из них Правительством утверждены и уже осуществляются первоочередные мероприятия. Однако полномасштабная реализация программных мероприятий сдерживается нехваткой средств в федеральном бюджете и бюджетах субъектов Российской Федерации, которые до настоящего времени являются основными источниками финансирования водохозяйственных работ.

Таким образом, на современном этапе социально-экономического развития нашей страны весьма остро стоят вопросы, связанные с совершенствованием **управления водохозяйственной и водоохраной деятельностью.**

Под управлением водохозяйственной деятельностью понимается функция воздействия специально организованной государственной структуры на социально-экономические системы бассейна с помощью комплекса мер и мероприятий.

Объектами управления на федеральном уровне являются речные бассейны.

Общая цель управления – обеспечить переход к устойчивому водопользованию, достичь экологически безопасного устойчивого состояния водных ресурсов и водных экосистем, гарантирующего длительное жизнеобеспечение населения.

Устойчивое водопользование – это такое водопользование, при котором постоянно поддерживаются условия, позволяющие в настоящем и будущем удовлетворять общественные потребности в воде.

Система управления использованием и охраной водных ресурсов является частью управления государством. В разных странах она имеет национальные особенности, отражающие специфику исторического пути формирования государственного управления. Кроме того, система управления зависит от уровня экономического и социального уровня страны, географических характеристик территории, состояния природных ресурсов, культуры и уклада жизни населения.

Во многих странах управление водопользованием не является автономным, а сформировано как часть государственной системы управления водопользованием.

Среди основных концептуальных просчетов, в результате которых водное хозяйство России оказалось и все еще находится в кризисном состоянии, можно назвать следующие:

- жесткая централизация системы управления, нормирования, финансирования;

- устаревшая нормативная база управления использованием и охраной вод;

- несовершенные экономические механизмы водопользования, не позволяющие создать условия для самофинансирования отрасли;

- экстенсивное водопользование;

- борьба с последствиями, а не с причинами загрязнения водных объектов;

- искусственное разделение вопросов использования и охраны вод;

- несистемный, небассейновый подход к принятию водохозяйственных решений;

- нестабильность государственной структуры и системы управления водным хозяйством.

2. Основные требования к охране водных объектов

В статьях 55-56 Водного кодекса РФ изложены основные требования к охране водных объектов, которые должны соблюдаться при использовании водоемов и водотоков:

1. Собственники водных объектов осуществляют мероприятия по охране водных объектов, предотвращению их загрязнения, засорения и истощения вод, а также меры по ликвидации последствий указанных явлений.

2. При использовании водных объектов физические лица, юридические лица обязаны осуществлять водохозяйственные мероприятия и мероприятия по

охране водных объектов в соответствии с настоящим Кодексом и другими федеральными законами.

3. Сброс в водные объекты и захоронение в них отходов производства и потребления, в том числе выведенных из эксплуатации судов и иных плавучих средств (их частей и механизмов), запрещаются.

4. Проведение на водном объекте работ, в результате которых образуются твердые взвешенные частицы, допускается только в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации.

5. Меры по предотвращению загрязнения водных объектов вследствие аварий и иных чрезвычайных ситуаций и по ликвидации их последствий определяются законодательством Российской Федерации.

6. Содержание радиоактивных веществ, пестицидов, агрохимикатов и других опасных для здоровья человека веществ и соединений в водных объектах не должно превышать соответственно предельно допустимые уровни естественного радиационного фона, характерные для отдельных водных объектов, и иные установленные в соответствии с законодательством Российской Федерации нормативы.

7. Захоронение в водных объектах ядерных материалов, радиоактивных веществ запрещается.

8. Сброс в водные объекты сточных вод, содержание в которых радиоактивных веществ, пестицидов, агрохимикатов и других опасных для здоровья человека веществ и соединений превышает нормативы допустимого воздействия на водные объекты, запрещается.

9. Проведение на основе ядерных и иных видов промышленных технологий взрывных работ, при которых выделяются радиоактивные и (или) токсичные вещества, на водных объектах запрещается.

Статья 57 Водного кодекса отражает требования к охране болот, которые, как известно, тоже относятся к поверхностным водным объектам. Согласно этой статье:

- загрязнение и засорение болот отходами производства и потребления, загрязнение их нефтепродуктами, ядохимикатами и другими вредными веществами запрещаются;

- осушение либо иное использование болот или их частей не должно приводить к ухудшению состояния неиспользуемых частей этих болот, других водных объектов и к истощению вод.

Таким образом, обострение водных проблем, которое имеет место в последние десятилетия, объясняется как естественными природными факторами, так и активизацией хозяйственной деятельности. К естественным факторам относятся: неравномерное распределение водных ресурсов по территории, неравномерное внутригодовое и многолетнее распределение речного стока, вредное воздействие вод, ущербы от которого по мере развития народного хозяйства все более возрастают. В результате хозяйственной деятельности быстро увеличивается водопотребление и происходит загрязнение водных объектов.

Водные проблемы тесно связаны с общеэкологическими. Немалые сложности создают противоречия, имеющие место при взаимной увязке текущих задач и задач отдаленной перспективы. Кроме того, такие современные методы решения водохозяйственных задач, как зарегулирование стока, его территориальное перераспределение, выдвигают, в свою очередь, множество не только технических, но и других, в первую очередь экологических, социальных и экономических проблем.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

Авакян А.Б. Водные проблемы: мифы и реальность. – М.: Изд-во «Знание», 1991.

Вода России. Социально-экологические водные проблемы / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 364 с.

Вода России. Экономико-правовое управление водопользованием / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 408 с.

Вода России. Вода в государственной стратегии безопасности / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. – 480 с.

Водный кодекс Российской Федерации. – М., 2007. – 56 с.

Черняев А.М., Прохорова Н.Б. Водные ресурсы, их использование и охрана. – Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002. – 300 с.

Лекция 5. Методы и механизмы управления водохозяйственной и водоохранной деятельностью

1. Развитие методологии охраны водных ресурсов

Методология охраны водных ресурсов от истощения и загрязнения за последние десятилетия изменялась по крайней мере трижды.

Первый этап ее развития характеризовался попыткой решить экологические проблемы водных объектов путем повсеместного строительства очистных сооружений. Однако уже к середине 50-х годов стало очевидным, что строительство сооружений для очистки сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, хотя и является обязательным мероприятием, но этого недостаточно. Бурный рост промышленности, городов, повышение степени их санитарной благоустроенности, недостаточно эффективная очистка производственных и хозяйственно-бытовых стоков привели к тому, что наши реки превратились в сточные канавы. Ведь зачастую количество сточных вод, сбрасываемых городами, было больше стока рек – приемников сточных вод.

Второй этап развития водоохранной политики (80-90-е гг.) связан с массовым созданием оборотных и даже замкнутых систем водопользования в промышленности. Это в значительной степени снизило напряженность в водообеспечении народного хозяйства и населения. Сегодня за счет систем оборотного водоснабжения обеспечивается до 80% всей потребности промышленности в воде.

Снижение потребления свежей природной воды на нужды промышленности автоматически приводит и к снижению сброса сточных вод. Широкое внедрение оборотных систем водопользования открыло перспективы для наращивания мощности предприятий промышленности, позволило во многих случаях отказаться от регионального перераспределения водных ресурсов страны. Однако, несмотря на достаточно большое снижение количества загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты, наши реки и водохранилища не стали

чище из-за неуклонного роста масштабов промышленного производства.

Третий этап развития методологии решения водохозяйственных и водоохраных задач характеризуется комплексностью подхода к проблемам. Сегодня становится очевидным, что благополучное качественное и количественное состояние водных объектов должно обеспечиваться не путем привлечения чистых вод из других речных бассейнов для разбавления загрязненных, а внутри промышленных узлов, на сельскохозяйственных угодьях, т.е. у водопотребителей и водопользователей. Проблемы должны решаться путем разработки и внедрения принципиально новых технологий с комплексным использованием сырья и отходов основного производства, использования новых подходов к очистке воды как стадии ее подготовки для дальнейшего использования не только в промышленности, но и в коммунальном и сельском хозяйстве.

2. Цель государственной водной политики

Еще совсем недавно главной целью водного хозяйства было водообеспечение населения, промышленности и сельского хозяйства. Сегодня большое внимание уделяется восстановлению и охране водных объектов, удовлетворению социально-оздоровительных и эстетических потребностей населения, защите от вредного воздействия вод. Общество желает иметь чистую, здоровую водную среду для удовлетворения своих социально-экологических потребностей.

Целью государственной водной политики является достижение и поддержание экономически оптимального и экологически безопасного уровня водопользования.

Государственная водная политика **призвана обеспечить:**

- реализацию прав нынешнего и будущих поколений на пользование экологически полноценным водно-ресурсным потенциалом;
- сбалансированность потребностей экономического развития и возможностей воспроизводства экологически полноценных водных ресурсов.

Достижение указанного комплекса задач определяется термином «устойчивое водопользование». Таким образом, стратегическая цель государственной водной политики – устойчивое водопользование.

3. Основные принципы государственной водной политики

Бассейновое планирование

Бассейн водного объекта рассматривается как единый объект управления. Планирование водохозяйственной деятельности осуществляется для бассейна в целом, с учетом последствий всей совокупности проводимых мероприятий.

На территории субъекта Российской Федерации администрирование водохозяйственной деятельностью осуществляется его органами власти. Администрирование включает в себя взаимодействие с водопользователями, организацию, планирование и контроль за реализацией всех мероприятий по восстановлению и охране водных объектов, создание соответствующих финансовых потоков, отчетность перед федеральными контролирующими органами. Контроль за соблюдением общегосударственных интересов осуществляется специально уполномоченными государственными органами управления использованием и охраной водного фонда и другими государственными контролирующими организациями в пределах их компетенции.

Сбалансированность экономического развития и воспроизводства водных ресурсов

Устойчивое водопользование подразумевает гармоничное комплексное сочетание социальных, экологических и экономических приоритетов, достижение стабильного экономического роста, устранение социальной несправедливости, поддержание устойчивого функционирования речного бассейна. Соотношение параметров, характеризующих устойчивое водопользование, может меняться в зависимости от состояния производственных и социальных отношений.

Постоянная и планомерная минимизация вредных воздействий на водные объекты

Государственная водная политика ориентируется на поэтапный переход к такому нормированию водохозяйственной деятельности, которое бы обеспечивало постоянное и планомерное снижение вредных воздействий на водные объекты. Основой такого снижения является применение гибкой системы экологически ориентированных целевых показателей при учете реальной экологической, экономической и социальной обстановки на конкретном водном объекте.

Самофинансирование

Государственная водная политика основывается на поэтапном переходе к полному самофинансированию водного хозяйства. Покрытие всех затрат за счет платежей водопользователей является основой реализации политики устойчивого водопользования.

Открытость информации и участие общественности в принятии решений

Органы исполнительной власти всех уровней должны создать условия для широкой информированности и вовлечения общественности и водопользователей в процесс подготовки и принятия решений на всех этапах разработки и реализации программных мероприятий.

Эти условия состоят в следующем:

- доступность информации о состоянии водных и водохозяйственных объектов, качестве питьевой воды;
- прозрачность процедур определения тарифов, накопления и расходования средств;
- широкий контроль и обсуждение результатов реализации мероприятий;
- разработка соответствующих общеобразовательных и профессиональных программ обучения.

4. Методы и механизмы реализации государственной водной политики

Основные методы управления водохозяйственной и водоохраной деятельностью можно разделить на две группы: административно-правовые и экономические (рис. 2).

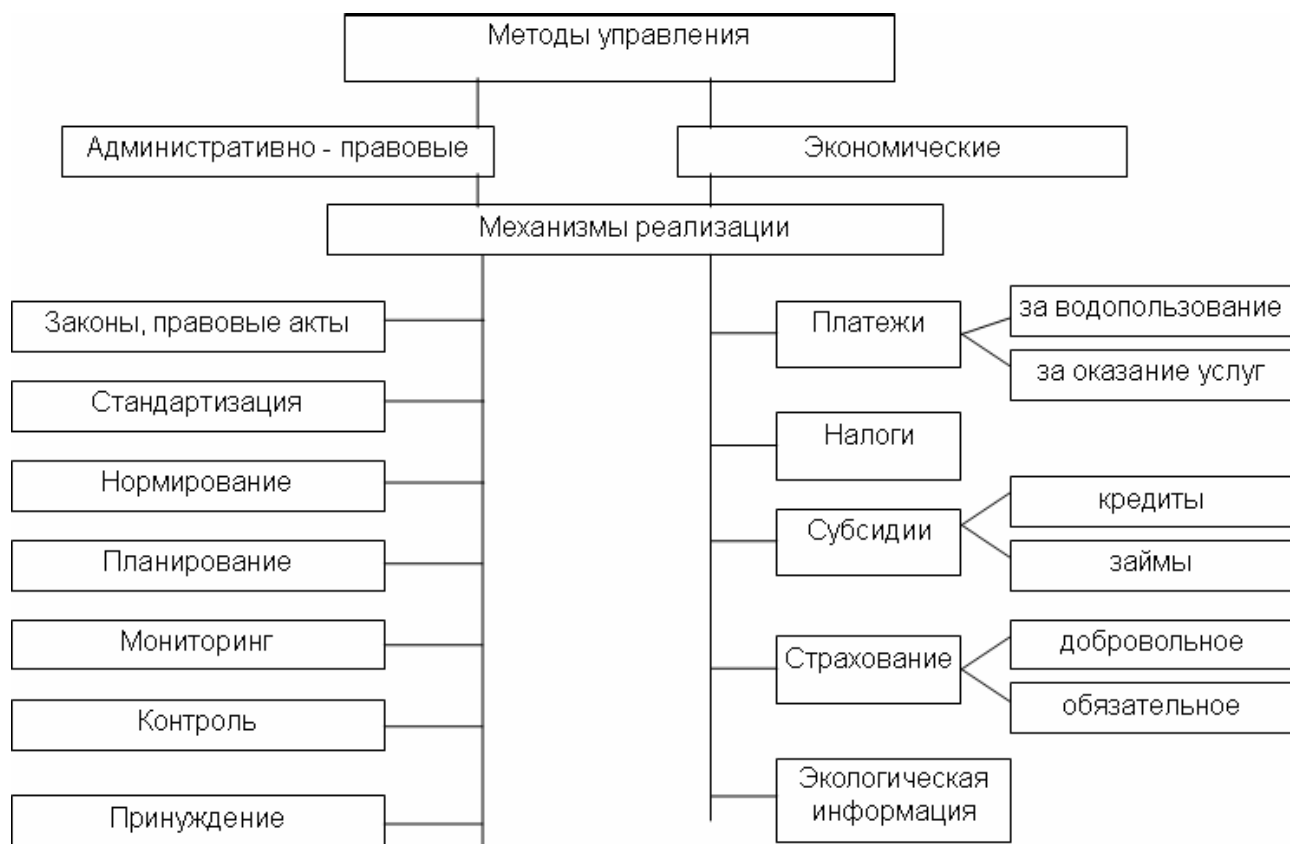


Рис. 2. Методы управления использованием и охраной вод и механизмы их реализации

В соответствии со статьей 24 Водного кодекса Российской Федерации, к полномочиям органов государственной власти Российской Федерации в области водных отношений относятся:

- 1) владение, пользование, распоряжение водными объектами, находящимися в федеральной собственности;
- 2) разработка, утверждение и реализация схем комплексного использования и охраны водных объектов и внесение изменений в эти схемы;
- 3) осуществление федерального государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов;
- 4) организация и осуществление государственного мониторинга водных объектов;

- 5) установление порядка ведения государственного водного реестра и его ведение;
- 6) утверждение порядка подготовки и принятия решения о предоставлении водного объекта в пользование, порядка подготовки и заключения договора водопользования;
- 7) определение порядка создания и осуществления деятельности бассейновых советов;
- 8) гидрографическое и водохозяйственное районирование территории Российской Федерации;
- 9) установление ставок платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности, порядка расчета и взимания такой платы;
- 10) установление порядка утверждения нормативов допустимого воздействия на водные объекты и целевых показателей качества воды в водных объектах;
- 11) территориальное перераспределение стока поверхностных вод, пополнение водных ресурсов подземных водных объектов;
- 12) утверждение правил использования водных ресурсов водохранилищ и правил технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ;
- 13) установление режимов пропуска паводков, специальных попусков, наполнения и сработки (выпуска воды) водохранилищ;
- 14) определение порядка осуществления государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов;
- 15) определение порядка резервирования источников питьевого водоснабжения;
- 16) установление порядка использования водных объектов для взлета, посадки воздушных судов;
- 17) осуществление мер по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий в отношении водных объектов, находящихся в

федеральной собственности и расположенных на территориях двух и более субъектов Российской Федерации;

18) утверждение методики исчисления вреда, причиненного водным объектам;

19) определение критериев отнесения объектов к объектам, подлежащим федеральному государственному контролю и надзору за использованием и охраной водных объектов, региональному государственному контролю и надзору за использованием и охраной водных объектов;

20) утверждение перечней объектов, подлежащих федеральному государственному контролю и надзору за использованием и охраной водных объектов;

21) установление перечня должностных лиц, осуществляющих федеральный государственный контроль и надзор за использованием и охраной водных объектов.

В статье 25 Водного кодекса определены полномочия органов государственной власти субъектов Российской Федерации в области водных отношений.

К полномочиям органов государственной власти субъектов Российской Федерации в области водных отношений относятся:

1) владение, пользование, распоряжение водными объектами, находящимися в собственности субъектов Российской Федерации;

2) установление ставок платы за пользование водными объектами, находящимися в собственности субъектов Российской Федерации, порядка расчета и взимания такой платы;

3) участие в деятельности бассейновых советов;

4) разработка, утверждение и реализация программ субъектов Российской Федерации по использованию и охране водных объектов или их частей, расположенных на территориях субъектов Российской Федерации;

5) резервирование источников питьевого водоснабжения;

6) осуществление регионального государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов, за исключением водных объектов, подлежащих федеральному государственному контролю и надзору;

7) утверждение правил пользования водными объектами для плавания на маломерных судах;

8) утверждение правил охраны жизни людей на водных объектах;

9) участие в организации и осуществлении государственного мониторинга водных объектов;

10) осуществление мер по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий в отношении водных объектов, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации;

11) осуществление мер по охране водных объектов, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации;

12) утверждение перечней объектов, подлежащих региональному государственному контролю и надзору за использованием и охраной водных объектов;

13) установление перечня должностных лиц, осуществляющих региональный государственный контроль и надзор за использованием и охраной водных объектов.

Таким образом, деятельность органов государственной власти России сопряжена с решением широкого круга задач, связанных с водопользованием. Важным условием повышения эффективности управления водохозяйственной и водоохраной деятельностью является формирование действенной системы нормативно-технической и инструктивно-методической документации. Она должна содержать методическое обеспечение всех видов работ в области использования и охраны водного фонда, направленных на реализацию водного законодательства Российской Федерации.

Анализ состояния нормативно-технической и инструктивно-методической базы документов в сфере использования и охраны водного фонда показывает, что накопленная к настоящему времени нормативно-методическая документация по водопользованию характеризуется неупорядоченностью, что вызывает необходимость ее систематизации.

Основными требованиями, которым должны отвечать разрабатываемые нормативно-методические документы по водопользованию, являются:

- соответствие документов действующему законодательству;
- увязка с государственными стандартами и техническими нормами;
- соответствие требований нормативных документов современным достижениям науки и техники;
- обоснованность содержащихся в документах рекомендаций;
- взаимоувязка и согласованность нормативно-технических и инструктивно-методических документов.

За прошедшие годы в социально-экономической и политической сфере нашего государства произошли существенные сдвиги: распад СССР, переход к рыночной экономике, изменения в структуре государственного управления в области охраны окружающей среды. Кроме того, накоплен обширный объем материалов научных исследований, возросли требования к экологическому обоснованию проектирования и строительства водохозяйственных объектов.

В связи с изменением социально-политической и экономической ситуации происходит формирование новой законодательно-правовой основы регулирования водных отношений. Принимаются новые федеральные законы, постановления Правительства и другие нормативно-правовые акты. Однако обновление нормативно-технической и инструктивно-методической документации по водопользованию существенно запаздывает по сравнению с разработкой нормативно-правовой базы, что затрудняет реализацию многих принятых в последнее время законов, подзаконных актов и постановлений из-за отсутствия соответствующего нормативно-методического обеспечения.

Таким образом, создание действенной нормативно-методической базы по использованию и охране водного фонда требует планомерной ревизии накопленной документации, а также разработки новых нормативно-технических и инструктивно-методических документов, необходимых для реализации на местах федеральных законов и нормативно-правовых актов, и упорядочения процедуры их утверждения.

5. Управление водохозяйственной системой бассейна

Водохозяйственная система бассейна (ВХС) реки как объект управления представляет собой совокупность водных ресурсов, объектов и сооружений по регулированию, перераспределению, транспорту, контролю качества водных ресурсов, охране их от качественного и количественного истощения, предприятий, обеспечивающих функционирование всей системы, и организаций, обеспечивающих взаимосвязь отдельных компонентов.

Управление бассейновой ВХС – это механизм реализации знаний о взаимосвязи отдельных элементов системы для обеспечения ее эколого-экономического развития, обеспечение водопотребителей водой требуемого качества в нужном количестве при сохранении баланса и стремлении к устойчивому развитию социальной, экологической и экономической сфер жизнедеятельности.

Принципы управления ВХС бассейна реки представлены на рис. 3.

Функции структур управления водным хозяйством первоначально складывались как водоохранные (нормирование, контроль). Когда стало очевидно, что сохранить качество водоемов можно только путем регулирования их использования, появляется следующая функция управления – регулирование рационального использования водных ресурсов.

Понятие рационального водопользования включает регулирование допустимых объемов изъятия водных ресурсов, охрану водных ресурсов, регулирование антропогенной нагрузки на водоисточники, инженерные методы воспроизводства водных ресурсов. Государственные органы, вступая во взаимоотношения с водопользователем по поводу водных ресурсов, осуществляют управленческие (контроль, нормирование, регулирование) и хозяйственные функции (подача воды потребителю, восстановление водоемов, эксплуатация гидротехнических сооружений). Водопотребитель в этой цепочке является звеном, которое, пропуская воду через свою ВХС и сбрасывая ее, формирует качество водных объектов в бассейне реки.



Рис. 3. Принципы управления ВХС бассейна реки

Регулирующие функции органов управления должны обеспечить рациональную водохозяйственную деятельность водопотребителей – стимулировать экономию водных ресурсов, уменьшение массы сбрасываемых загрязнений, внедрение экологически чистых технологий.

Экосистемный подход в управлении ВХС бассейна реки предполагает:

- комплексную оценку влияния на водные ресурсы элементов системы;
- сочетание административно-территориальных хозяйственных интересов, интересов различных категорий водопользователей с требованиями сохранения водных ресурсов всего бассейна;

- определение норм антропогенной нагрузки на бассейн и разработку целевых комплексных программ поэтапного достижения устойчивого экологического состояния бассейна, включая прибрежные полосы и водосборные территории:

- снижение влияния землепользования на водосборной территории на водные объекты;

- взаимодействие с органами охраны природы и мониторинга окружающей среды в сохранении биологического разнообразия в бассейне реки;

- учет социальных, экономических, политических факторов, влияющих на деятельность человека в водохозяйственной системе бассейна.

Функции управления водохозяйственными системами реализуются традиционно административно-правовыми и экономическими методами. В зависимости от развития инфраструктуры реализации государственной политики, от уровня развития объекта управления, от экономической и экологической обстановки меняются приоритеты методов. Эффективность использования того или иного метода, степень их совместного применения обеспечивается только в случае дифференцированного подхода к каждому конкретному бассейну (региону). Принципиальным подходом или механизмом реализации административно-правового метода является установление экологических стандартов, определяющих допустимую антропогенную нагрузку на бассейны рек и законода-

тельное закрепление этих стандартов, а также условий осуществления водохозяйственной деятельности в узаконенных рамках и контроль за выполнением нормативных и законодательных актов.

Экономические методы регулирования водохозяйственной деятельности водопользователей предоставляют последним большую систему выбора стратегии хозяйствования, опираясь на анализ своих затрат и результатов. Водопользователь имеет возможность выбора стратегии, обеспечивающей достижение заданного состояния.

Для подготовки лекции использованы следующие источники:

1. Вода России. Экономико-правовое управление водопользованием / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 408 с.

2. Водный кодекс Российской Федерации. – М., 2007. – 56 с.

3. Концепция государственной политики в сфере использования, восстановления и охраны водных объектов. – М.-Екатеринбург, 2001. – 27 с.

4. Михеев Н.Н. О современных аспектах Российской водохозяйственной политики // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 3. – С. 2-5.

5. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

6. Черняев А.М., Дальков М.П., Шахов И.С., Прохорова Н.Б. Бассейн. Эколого-водохозяйственные проблемы, рациональное водопользование / РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1995. – 365 с.

Лекция 6. Административно-правовые методы управления

1. Законодательно-правовые акты

В настоящее время отношения по поводу использования и охраны водных объектов регулируются Водным кодексом Российской Федерации, федеральными законами, а также постановлениями Правительства Российской Федерации, законами и постановлениями органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Основными федеральными законами, регулирующими использование и охрану водного фонда, являются: «Об охране окружающей природной среды», «О плате за пользование водными объектами», «О недрах», «О безопасности гидротехнических сооружений», «Об охране озера Байкал» и др.

Нормы, регулирующие отношения по использованию и охране водных объектов (водные отношения) и содержащиеся в других федеральных законах, законах субъектов Российской Федерации, должны соответствовать настоящему Водному кодексу.

Водные отношения могут регулироваться также указами Президента Российской Федерации, которые не должны противоречить Водному кодексу и другим федеральным законам.

Согласно статье 3 Водного кодекса РФ, водное законодательство и изданные в соответствии с ним нормативные правовые акты основываются на **следующих принципах:**

1) значимость водных объектов в качестве основы жизни и деятельности человека;

2) приоритет охраны водных объектов перед их использованием. Использование водных объектов не должно оказывать негативное воздействие на окружающую среду;

3) сохранение особо охраняемых водных объектов, ограничение или запрет использования которых устанавливается федеральными законами;

- 4) целевое использование водных объектов;
- 5) приоритет использования водных объектов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения перед иными целями их использования;
- 6) участие граждан, общественных объединений в решении вопросов, касающихся прав на водные объекты, а также их обязанностей по охране водных объектов;
- 7) равный доступ физических лиц, юридических лиц к приобретению права пользования водными объектами, за исключением случаев, предусмотренных водным законодательством;
- 8) регулирование водных отношений в границах бассейновых округов (бассейновый подход);
- 9) регулирование водных отношений в зависимости от особенностей режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностей;
- 10) регулирование водных отношений исходя из взаимосвязи водных объектов и гидротехнических сооружений, образующих водохозяйственную систему;
- 11) гласность осуществления водопользования;
- 12) комплексное использование водных объектов;
- 13) платность использования водных объектов;
- 14) экономическое стимулирование охраны водных объектов.

2. Стандартизация

В соответствии с Законом Российской Федерации «О стандартизации» и другими законодательными актами государственное управление стандартизацией в Российской Федерации, включая координацию деятельности государственных органов управления Российской Федерации, взаимодействие с органами власти республик в составе РФ, краев, областей и т.п. осуществляет Госстандарт России. При разработке стандартов необходимо обеспечивать:

- соответствие требований стандартов нормам законодательства, а также нормам и правилам органов, выполняющих функции государственного контроля и надзора;

- комплексность стандартизации взаимосвязанных объектов, включая метрологическое обеспечение, путем согласования требований к этим объектам и увязкой сроков введения в действие нормативных документов по стандартизации;

- оптимальность требований, включаемых в стандарты.

Россия является составной частью мирового сообщества и членом Международной организации по стандартизации ИСО. Использование в практической деятельности стандартов серии ИСО (необязательных, но рекомендованных Госстроем РФ) позволяет сделать единую систему качества выпускаемой продукции в различных областях производственной деятельности понятной для мирового сообщества.

Согласно **ГОСТ Р 1.0-92 Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения** «нормативный документ по стандартизации» – документ, содержащий правила, общие принципы, характеристики объектов стандартизации, касающиеся определенных видов деятельности или их результатов, и доступный широкому кругу потребителей (пользователей).

В соответствии со ст. 29 Федерального закона **«Об охране окружающей среды»** государственными стандартами и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды устанавливаются:

требования, нормы и правила в области охраны окружающей среды к продукции, работам, услугам и соответствующим методам контроля;

ограничения хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения ее негативного воздействия на окружающую среду;

порядок организации деятельности в области охраны окружающей среды и управления такой деятельностью.

Стандарт отрасли (ОСТ) – стандарт, принятый государственным органом управления в пределах его компетенции. Отраслевые стандарты в основном регламентируют достаточно узкие (специфические) аспекты водопользования, касающиеся конкретных ведомств и в меньшей мере отражают общие вопросы водопользования.

Для обеспечения устойчивого водопользования необходима согласованность и взаимоувязка требований нормативно-технических документов (в данном случае ГОСТов) с положениями федеральных законодательных актов, в частности Водного кодекса.

3. Бассейновые соглашения

Согласно статье 28 Водного кодекса РФ, основной единицей управления в области использования и охраны водных объектов являются **бассейновые округа**. Бассейновые округа состоят из речных бассейнов и связанных с ними подземных водных объектов и морей. В Российской Федерации устанавливаются **двадцать** бассейновых округов.

В целях обеспечения рационального использования и охраны водных объектов создаются **бассейновые советы**, осуществляющие разработку рекомендаций в области использования и охраны водных объектов в границах бассейнового округа.

Взаимоотношения субъектов Российской Федерации по поводу использования и охраны совместных водных объектов строятся на основе **бассейновых соглашений** о восстановлении и охране водных объектов.

Бассейновые соглашения являются одним из инструментов реализации единой водохозяйственной политики и координации водохозяйственной деятельности в различных частях бассейнов крупных водных объектов. Соглашения заключаются между специально уполномоченным органом управления использованием и охраной водного фонда и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, расположенных в пределах бассейна водного

объекта.

4. Нормирование

Нормирование водопользования осуществляется в целях рационального использования и охраны водных объектов, поддержания их в состоянии, отвечающем экологическим требованиям.

Существующая в Российской Федерации система нормирования водопользования классифицируется:

- по объемам и качеству потребляемой и отводимой воды;
- по качеству вод водных объектов;
- по допустимому вредному воздействию на водные объекты при осуществлении хозяйственной или иной деятельности.

Одним из путей сокращения изъятия воды, истощения и загрязнения водных объектов является установка лимитов водопользования (водопотребления и водоотведения), представляющих собой предельно допустимые объемы изъятия водных ресурсов или сброса сточных вод нормативного качества, которые устанавливаются водопользователю на определенный срок.

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

В соответствии с видами водопользования разрабатываются и утверждаются государственные нормативы качества вод. В Российской Федерации такими нормативами являются Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ.

Многими странами и международными организациями разработаны стандарты или руководящие документы по качеству вод, в частности:

- стандарты качества вод, имеющие общегосударственное значение для параметров, отражающих современные научные знания в области качества вод,

закладываемые в нормативные документы и правовые акты, обязательные для всех уровней водопользования и контролируемые всеми государственными органами, стандарты имеют рекомендательный характер, содержат численные значения переменных параметров. Стандарты и руководящие документы по качеству вод используются в качестве нормативно-справочной базы при оценках качества воды и возможности их использования для различных целей;

- целевые показатели качества вод. Устанавливаются, исходя из экономических факторов, существующей и перспективной структуры водопользования, прогнозов развития промышленного потенциала и сельского хозяйства, а также множества социально-экономических факторов. Целевые показатели качества вод разрабатываются водохозяйственными органами в сотрудничестве с другими заинтересованными организациями.

При установлении целевых показателей качества вод учитываются научно-технические достижения, реализованные:

- в стандартах качества вод по целям использования, отражающих новые научные знания в отношении опасности веществ для здоровья человека и водных экосистем;

- в разработке процессов, установок или эксплуатационных методов, доказавших практическую пригодность в качестве меры для ограничения сбросов, выбросов и отходов.

Кроме того, во внимание принимаются экономические факторы, существующая и перспективная структура водопользования, результаты прогнозов развития промышленности и сельского хозяйства и другие социально-экономические факторы.

Переход в перспективе Российской Федерации на международно-принятую Систему стандартов и целевых показателей качества воды несомненно сыграет позитивную роль в решении многих проблем использования и охраны внутренних и трансграничных вод, устойчивого обеспечения потребностей населения и отраслей экономики качественной водой.

В соответствии со статьей 35 Водного кодекса Российской Федерации, поддержание поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства, обеспечивается путем установления и соблюдения нормативов допустимого воздействия на водные объекты.

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

В Российской Федерации используется система нормирования водопользования, основанная на установлении каждому отдельно взятому водопользователю индивидуальных предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты в виде нормативов предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ, предельно допустимой нагрузки (ПДН) и предельно допустимого вредного воздействия (ПДВВ).

Современная российская концепция экологического нормирования определяет его как деятельность, направленную на установление системы нормативов состояния и нормативов предельно допустимого воздействия на экосистемы, необходимых для эффективного осуществления природоохранного управления. Предполагается, что нормативы состояния должны основываться на тех характеристиках экосистем, которые наиболее информативно реагируют на антропогенное воздействие, значимое для состояния данной экосистемы в целом. Подразумевается также, что, в свою очередь, установление нормативов предельно допустимых воздействий на экосистемы будет способствовать регулированию загрязнения окружающей среды, изъятия природных ресурсов, ограничению антропогенной трансформации экосистем.

5. Мониторинг

Опасность отрицательных воздействий промышленности и сельского хозяйства на состояние биосферы и здоровье человека требует создания системы

контроля и прогнозов состояния биосферы и ее компонентов. В данной системе должны быть отражены антропогенные сдвиги окружающей природной среды, на фоне ее естественных изменений. Систему повторных наблюдений одного и более элементов окружающей природной среды в пространстве и во времени с определенными целями и в соответствии с заранее подготовленной программой было предложено называть мониторингом.

Таким образом, **мониторинг** – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей природной среды, не включающая управление качеством окружающей природной среды.

Под **экологическим мониторингом** понимают систему наблюдений за изменениями природной среды, вызванными антропогенными причинами, которая позволяет прогнозировать развитие этих изменений. Экологический мониторинг объединяет в себе геофизический и биологический мониторинг.

Государственный мониторинг водных объектов

Динамичный характер водных ресурсов не позволяет принимать обоснованные управленческие решения без надежных данных о количественных и качественных показателях состояния водных объектов. Средством получения таких данных является **государственный мониторинг водных объектов**, который представляет собой составную часть системы государственного мониторинга окружающей среды.

В соответствии со ст. 30 Водного кодекса Российской Федерации, **государственный мониторинг водных объектов** представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, собственности физических лиц, юридических лиц.

Государственный мониторинг водных объектов осуществляется в целях:

1) своевременного выявления и прогнозирования развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, раз-

работки и реализации мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;

2) оценки эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;

3) информационного обеспечения управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе для государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

Государственный мониторинг водных объектов включает в себя:

1) регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями состояния водных ресурсов, а также за режимом использования водоохраных зон;

2) сбор, обработку и хранение сведений, полученных в результате наблюдений;

3) внесение сведений, полученных в результате наблюдений, в государственный водный реестр;

4) оценку и прогнозирование изменений состояния водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов.

Государственный мониторинг водных объектов состоит из:

1) мониторинга поверхностных водных объектов с учетом данных мониторинга, осуществляемого при проведении работ в области гидрометеорологии и смежных с ней областях;

2) мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохраных зон;

3) мониторинга подземных вод с учетом данных государственного мониторинга состояния недр;

4) наблюдений за водохозяйственными системами, в том числе за гидротехническими сооружениями, а также за объемом вод при водопотреблении и водоотведении.

Государственный мониторинг водных объектов осуществляется в границах бассейновых округов с учетом особенностей режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностей.

Организация и осуществление государственного мониторинга водных объектов проводятся уполномоченными Правительством Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти с участием уполномоченных органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Основные проблемы современной системы мониторинга вод

Основные требования к системе мониторинга водопользования сводятся к следующему.

- качество водных объектов и характеристики водопользования необходимо оценивать комплексно на основе критериев, охватывающих количественные и качественные параметры воды, используемой для различных целей;

- информация может быть получена из первичных источников, а также из других источников, содержащих информацию статистического или административного характера;

- система водохозяйственного мониторинга должна быть открытой для увязки с другими системами мониторинга: подземных вод, источников выбросов в атмосферу, земельных ресурсов, радиационной обстановки, медико-санитарной обстановки.

Существующая система мониторинга водопользования, основанная на периодическом взятии проб и последующем их лабораторном анализе, не позволяет объективно оценивать качество параметров среды в периоды между моментами контроля и своевременно обнаруживать возникновение аварийных ситуаций.

Вследствие этого отсутствует возможность оперативно принимать управленческие решения, направленные на предотвращение негативных эффектов и защиту здоровья населения.

Основными недостатками существующей в настоящее время системы мониторинга, препятствующими получению достаточной и надежной информации, необходимой для действенного управления водными ресурсами, являются:

- разобщенность информации об использовании, охране, воспроизводстве водных ресурсов по многочисленным отраслевым, межотраслевым и территориальным организациям;

- фрагментарность, слабая структурная организованность накапливаемой информации; частая несогласованность и несовпадение информации разных учреждений;

- невозможность получения оперативной информации;

- недостаточность имеющихся пунктов наблюдений, несогласованность сроков и периодов наблюдений;

- отсутствие систематического контроля за рассредоточенными источниками загрязнения водных объектов;

- отсутствие современного контрольно-измерительного оборудования;

- отсутствие реальной ответственности за представление недоброкачественной информации.

Для решения указанных проблем необходимо создание отлаженного механизма взаимодействия систем и средств наблюдения государственных уполномоченных органов и служб наблюдения предприятий-водопользователей. Необходимо поэтапное техническое переоснащение систем мониторинга современным аналитическим оборудованием, а также использование прогрессивных методов не только наземного, но и аэрокосмического наблюдения. Представляется целесообразным внедрение таких информационных технологий и средств наблюдения, как аппаратура дистанционного зондирования и трассовых измерений, автоматизированные системы сбора данных, компьютерные системы обработки и т.д.

Таким образом, мониторинг водных объектов может стать надежной основой для принятия управленческих решений только в том случае, если он ведется по единой для речного бассейна программе, а данные о количественных и

качественных характеристиках водных объектов представлены по всему речному бассейну.

6. Контроль

Контроль – это механизм управления, обеспечивающий реализацию водного законодательства и выполнение целевых водохозяйственных программ.

Основные требования, предъявляемые к системе контроля:

- территориальные контролирующие органы должны располагать оперативной документацией;

- контроль должен способствовать непрерывности процесса совершенствования стандартов и нормативов;

- контрольные функции должны быть усилены на возможно более низком уровне, где изменения контролируемых параметров фиксируются наиболее отчетливо;

- контролирующие органы должны привлекать к участию общественность и обеспечивать доступ к экологической информации.

Согласно статье 36 Водного кодекса Российской Федерации задачей государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов является обеспечение соблюдения:

1) требований к использованию и охране водных объектов;

2) особого правового режима использования земельных участков и иных объектов недвижимости, расположенных в границах водоохранных зон и зон специальной охраны источников питьевого водоснабжения;

3) иных требований водного законодательства.

Государственный контроль и надзор за использованием и охраной водных объектов осуществляются уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти (федеральный государственный контроль и надзор за использованием и охраной водных объектов) и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации (региональ-

ный государственный контроль и надзор за использованием и охраной водных объектов).

При осуществлении государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов государственные инспектора имеют право:

1) осуществлять проверки объектов, подлежащих контролю и надзору за использованием и охраной водных объектов;

2) проверять соблюдение требований к использованию и охране водных объектов;

3) составлять по результатам проверок акты и представлять их для ознакомления водопользователям;

4) давать обязательные для исполнения предписания об устранении выявленных в результате проверок нарушений условий использования водных объектов и контролировать исполнение указанных предписаний в установленные сроки;

5) осматривать в установленном порядке и при необходимости задерживать суда (в том числе иностранные) и другие плавучие средства, допустившие загрязнение с судов нефтью, вредными веществами, сточными водами или мусором либо не принявшие необходимых мер по предотвращению такого загрязнения водных объектов;

6) уведомлять в письменной форме стороны, заключившие договор водопользования, о результатах проверок, выявленных нарушениях условий использования водных объектов;

7) предъявлять физическим лицам, юридическим лицам требования о проведении необходимых мероприятий по охране водных объектов и по организации контроля за соответствием сточных вод нормативам допустимого воздействия на водные объекты и воздействием сточных вод на них;

8) предъявлять иски в суд, арбитражный суд в пределах своей компетенции;

9) привлекать в установленном порядке научно-исследовательские, проектно-изыскательские и другие организации для проведения соответствующих

анализов, проб, осмотров и выдачи заключений в случаях аварий на водных объектах.

7. Схемы комплексного использования и охраны водных объектов

В соответствии со статьей 33 Водного кодекса Российской Федерации, схемы комплексного использования и охраны водных объектов включают в себя систематизированные материалы о состоянии водных объектов и об их использовании и являются основой осуществления водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов, расположенных в границах речных бассейнов.

Схемы комплексного использования и охраны водных объектов разрабатываются в целях:

- 1) определения допустимой антропогенной нагрузки на водные объекты;
- 2) определения потребностей в водных ресурсах в перспективе;
- 3) обеспечения охраны водных объектов;
- 4) определения основных направлений деятельности по предотвращению негативного воздействия вод.

Схемами комплексного использования и охраны водных объектов устанавливаются:

- 1) целевые показатели качества воды в водных объектах на период действия этих схем;
- 2) перечень водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов;
- 3) водохозяйственные балансы;
- 4) лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и лимиты сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности;
- 5) квоты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бас-

сейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности в отношении каждого субъекта Российской Федерации;

б) основные целевые показатели уменьшения негативных последствий наводнений и других видов негативного воздействия вод, перечень мероприятий, направленных на достижение этих показателей;

7) предполагаемый объем необходимых финансовых ресурсов для реализации схем комплексного использования и охраны водных объектов.

8. Международное сотрудничество

Необходимость международного сотрудничества при проведении государственной водной политики Российской Федерации определяется следующими факторами:

- значительная территория страны (1/8 часть суши) представляет собой одну из важнейших мировых систем, находящуюся под единой государственной юрисдикцией и объединяющую ряд уникальных водных объектов и крупных водных систем, не испытывающих сильного антропогенного воздействия. Сохранение и поддержание этих объектов и систем в состоянии, близком к природному, отвечает не только интересам России, но и мирового сообщества в целом;

- многие участки государственной границы России либо проходят по водным объектам, либо пересекаются трансграничными водотоками. Это требует согласованных с сопредельными государствами действий по регулированию стока, предотвращению наводнений и других вредных воздействий вод, использованию и охране водных, биологических и других ресурсов.

Реальной отправной точкой построения новых мировых отношений в сфере использования, восстановления и охраны водных ресурсов послужила Дублинская конференция 1992 г., на которой было принято Дублинское заявление по водным ресурсам и устойчивому развитию. Дублинские принципы не потеряли своей актуальности до сих пор и служат основой развития политики

управления водными ресурсами во всем мире. Эти принципы получили свое развитие в резолюции, принятой в Рио-де-Жанейро, на второй (1994 г.) и шестой (1998 г.) сессиях Комиссии ООН по устойчивому развитию и на Специальной сессии Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций в 1997 году. На всех этих форумах прозвучал призыв объединить усилия для разработки комплексных подходов к управлению водными ресурсами и уделять больше внимания потребностям бедных слоев населения и бедных стран. В качестве конкретных приоритетов были названы действия по охране экосистем и обеспечению более широкого участия всех слоев населения в управлении водными ресурсами. В числе целей, поставленных на 2015 г., в Декларации тысячелетия Организации Объединенных Наций в пункте 19 провозглашается решимость сократить вдвое к 2015 году долю населения земного шара, не имеющего доступа к безопасной питьевой воде.

Таким образом, современное состояние водных объектов, их режим, качество вод с каждым годом вселяют все большую тревогу за существование биосферы и будущее человечества. Эта проблема стоит сегодня очень остро перед всей мировой общественностью. Поэтому не случайно десятилетие, в котором мы живем (2005-2015 годы) провозглашено Генеральной Ассамблеей ООН международным десятилетием воды.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Беляев С.Д., Черняев А.М. Стратегия водоохранной деятельности на основе целевых показателей состояния водных объектов //Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 12. – С. 52–55.

2. Вода России. Экономико-правовое управление водопользованием / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 408 с.

3. Водный кодекс Российской Федерации. – М., 2007. – 56 с.

4. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

Лекция 7. Экономическое регулирование использования и охраны вод

1. Методы экономического регулирования в области охраны окружающей среды

Экономические методы воздействия на природопользователей основаны на использовании их материальных интересов. Комплекс взаимосвязанных экономических мер, направленных на достижение конкретного результата, образует **экономический механизм**, обеспечивающий рациональное ресурсосберегающее природопользование, в том числе водопользование.

Экономический механизм неразрывно связан с правовым. Правовые нормы Закона России «Об охране окружающей природной среды» и многочисленные подзаконные акты закрепляют экономический механизм.

Принципы экономического механизма управления, использования и охраны природных ресурсов – это научная обоснованность, платность, экономическая ответственность.

В соответствии с **Федеральным законом РФ** от 10.01.2002 № 7-ФЗ «**Об охране окружающей среды**» к методам экономического регулирования в области охраны окружающей среды относятся:

- разработка государственных прогнозов социально-экономического развития;

- установление платы за негативное воздействие на окружающую среду, а также лимитов на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и размещение отходов производства и потребления;

- проведение экономической оценки природных, природно-антропогенных объектов, а также воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду;

- предоставление налоговых и иных льгот при внедрении наилучших существующих технологий и использовании нетрадиционных видов энергии и

осуществлении иных эффективных мер по охране и рациональному использованию водных объектов;

- поддержка предпринимательской, инновационной и иной деятельности (в том числе экологического страхования), направленной на охрану окружающей среды;

- возмещение в установленном порядке вреда, причиненного водным объектам, а также окружающей среде.

Законом «Об охране окружающей природной среды» предусмотрено **два вида платы:**

- за пользование природными ресурсами;
- за загрязнение окружающей среды.

Назначение платы за загрязнение окружающей среды – компенсация причиняемого экономического ущерба, стимуляция сокращения выбросов и экономическое обеспечение оздоровления и охраны окружающей среды.

Под **экономическим ущербом**, наносимым окружающей среде, понимают фактические и возможные убытки, причиняемые хозяйству и человеку в результате ухудшения качества окружающей среды, и дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

Экономическое стимулирование охраны окружающей среды в России осуществляется следующим образом:

- установлением налоговых и иных льгот предприятиям при внедрении безотходных технологий, использовании вторичных ресурсов и осуществлении другой деятельности, обеспечивающей природоохранный эффект;
- освобождением экологических фондов от налогообложения;
- применением льготного кредитования предприятий, эффективно осуществляющих природоохранную деятельность;
- применением поощрительных цен на экологически чистую продукцию;
- введением специального налога на экологически вредную продукцию.

2. Экономические и финансовые механизмы, обеспечивающие рациональное водопользование

Платежи за водопользование

Плата за использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды – новая мера, введенная в период рыночной реформы после отмены исключительной государственной собственности на землю, воду и другие ресурсы и превращения их в объекты гражданско-правовых сделок.

Плата за водопользование составляет основу финансирования управления и всех видов водоохраной и водохозяйственной деятельности в бассейне и взимается в виде налога со всех водопользователей.

На территории России платность водопользования как метод экономического регулирования водных отношений реализуется с 1991 г. при введении в действие тарифов за забор воды из водохозяйственных систем. До 1991 г. плата взималась лишь за превышение нормативов сброса производственных сточных вод. Введённые тарифы были шагом вперёд в сфере экономики водопользования. Однако уже к началу осуществления реальных экономических реформ в Российской Федерации стало ясно, что данный экономический инструмент требует принципиальной переработки. Тарифы не учитывали забор воды непосредственно из водного объекта, не рассматривали другие виды водопользования, а инфляция практически свела на нет эффективность данного вида экономического регулирования водных отношений.

В условиях перехода к рыночной экономике сфера водопользования оказалась без эффективного экономического механизма, который регулировал бы водные отношения, стимулировал рациональное водопользование и обеспечивал финансирование деятельности по восстановлению и охране водных объектов и защите от вредного воздействия вод, а также реализации мероприятий, предусмотренных в федеральных целевых водохозяйственных программах.

Правительством Российской Федерации было принято предложение Минфина России и Минэкономики России о поэтапном введении системы плате-

жей: начиная с 1997 г. ввести водный налог и с 1998 г. – плату, направляемую на восстановление и охрану водных объектов. Однако к этому времени уже был подготовлен проект Налогового кодекса, по которому главенство в части налогов и платежей отдавалось только налоговым законам. Согласно проекту Федерального закона «О внесении изменений и дополнений в Закон Российской Федерации «Об основах налоговой системы в Российской Федерации» перечень федеральных налогов (ст. 19 Закона «Об основах налоговой системы в Российской Федерации») дополняется платой за пользование водными объектами (водный налог) и платой, направляемой на восстановление и охрану водных объектов. При этом, во избежание двойного налогообложения, из ст. 20 Закона **«Об основах налоговой системы в Российской Федерации»** исключается плата за воду, забираемую промышленными предприятиями из водохозяйственных систем.

С учетом проекта Налогового кодекса и предложений МПР России и Минфина России в декабре 1997 г. Государственной Думой был одобрен проект Федерального закона **«О плате за пользование водными объектами»**. В этом проекте были учтены предложения всех основных разработчиков, хотя по ряду принципиальных позиций он расходился с Водным кодексом. Закон определил плательщиков, объект платы, платёжную базу, льготы по плате для отдельных категорий плательщиков и, главное, в нём были установлены минимальные и максимальные ставки платы, без которых документ был бы не работающим.

Федеральный закон **«О плате за пользование водными объектами»** установил, что платежи, как в пределах установленных норм, так и за водопользование сверх существующих лимитов, включаются в себестоимость продукции.

Согласно статье 20 Водного кодекса РФ, плата за пользование водными объектами устанавливается на основе следующих принципов:

- 1) стимулирование экономного использования водных ресурсов, а также охраны водных объектов;

2) дифференциация ставок платы за пользование водными объектами в зависимости от речного бассейна;

3) равномерность поступления платы за пользование водными объектами в течение календарного года.

В Водном кодексе указано, что ставки платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, а также порядок расчета и взимания такой платы устанавливаются соответственно Правительством Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления.

При определении платы за пользование водными объектами учитываются расходы водопользователей на мероприятия по охране водных объектов, т.е. осуществляются меры экономического стимулирования водоохранной деятельности.

Экономическая оценка водных ресурсов

Социально-экономическая оценка водных, биологических, энергетических, рекреационных и других ресурсов водных объектов и ее учет в национальном богатстве и других макроэкономических показателях необходимы для определения уровня платы за пользование водными объектами. Несмотря на то, что национальное богатство является совокупностью экономических активов страны, составляющих необходимое условие общественного производства и жизнедеятельности людей, сегодня оно практически исчисляется как сумма стоимости основных фондов, материальных оборотных средств и запасов, а также накопленного домашнего имущества. Стоимость водных, рекреационных, рыбных и других ресурсов водных объектов при этом не учитывается. В результате все возрастающие расходы, связанные с очисткой загрязненных сточных вод, сохранением биологических и рекреационных ресурсов водных объектов, лечением людей от заболеваний, вызванных потреблением некачественной воды, и т.п., увеличивают макроэкономические показатели, что часто рассматривается как «прогресс». В то же время учет финансовых потерь от де-

градации водных объектов мог бы изменить подобные оценки на прямо противоположные.

Экономическая оценка водных ресурсов, обеспечивающая комплексный учет их количественных и качественных характеристик, должна стать методологической основой установления уровня платы за пользование водными объектами. При этом рационально установленная плата за пользование водными объектами должна быть ориентирована на достижение следующих целей:

- поступление доходов в бюджетную систему;
- финансирование работ по обустройству, содержанию и охране водных объектов на уровне, обеспечивающем их длительное и беспрепятственное использование;
- стимулирование мероприятий по экономному использованию и эффективной охране водных ресурсов.

Инвестиционная политика

Основными принципами государственной инвестиционной политики в сфере использования, восстановления и охраны водных объектов являются:

- последовательная децентрализация инвестиционного процесса при многообразии форм собственности;
- обеспечение экологической безопасности населения путем централизованных инвестиций в водное хозяйство при постепенном переходе от безвозвратного бюджетного финансирования к кредитованию на возвратной и платной основе;
- бюджетное финансирование инвестиционных проектов на платной основе, повышение роли водопользователей в создании инвестиционных фондов;
- расширение совместного государственно-коммерческого финансирования проектов с привлечением иностранного капитала.

Страхование

Водохозяйственное страхование – это экономический механизм, который должен обеспечить компенсацию ущерба, нанесенного окружающей среде и здоровью людей от внешних факторов риска. Предприятие заключает договор

со страховой компанией, согласно которому оно уплачивает страховой взнос за страховую услугу. А страховая услуга состоит в том, чтобы при возникновении экономического ущерба окружающей среде от деятельности предприятия ему будут выплачены средства для возмещения ущерба.

Основное назначение системы водохозяйственного страхования – управление водохозяйственной деятельностью на паводкоопасных территориях методами экономического стимулирования.

Эта цель может быть достигнута, если система водохозяйственного страхования будет отвечать следующим требованиям:

- стимулировать рациональное использование и охрану водных ресурсов, пойменных территорий и водосборов;
- гарантировать выплаты страховок по заключенным договорам риска при самом неблагоприятном стечении обстоятельств.

Среди прочих экономических рычагов, которые все чаще используются в системе управления водохозяйственной деятельностью, можно выделить:

- стимулирование рационального водопользования;
- субсидии, предоставляемые водопользователям в виде льготных кредитов, займов и т.д.;
- экологические информационные системы, содержащие доступную информацию о воздействии на окружающую среду и играющие роль рекламы (или антирекламы) водопользователю;

3. Меры экономического регулирования деятельности предприятий - источников диффузного загрязнения водных объектов

В последние годы существенно возрос вклад в загрязнение водных объектов загрязняющих веществ, поступающих диффузным путем. Поэтому в будущем необходим постепенный охват платежами за загрязнение водных объектов всех предприятий, являющихся источниками диффузного стока. К настоящему времени механизм взимания платежей за неорганизованное поступление в вод-

ные объекты загрязняющих веществ не отработан. На решение этой проблемы нацелен документ «Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты», однако, он имеет много недочетов. Вынос загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий предлагается определять только с твердым стоком, хотя установлено, что значительная часть биогенных веществ поступает в водные объекты в растворенном виде с поверхностным стоком. В методических указаниях слабо рассмотрены вопросы выноса загрязняющих веществ с селитебных территорий. Не учтен ряд таких важных показателей как расстояние от водопользователя до водотока, наличие буферных полос, залесенность водосбора и т.д.

В 1999 г. Государственным комитетом РФ по охране окружающей среды была утверждена «Методика определения предотвращенного экологического ущерба» (М., 1999). Согласно данной методике, для определения предотвращенного ущерба от загрязнения водной среды учитывается масса сброса загрязняющих веществ в водные объекты. Однако рассчитанный экономический ущерб не будет в действительности совпадать с фактическим, т.к. оценить ущерб лишь по данным о содержании загрязняющих веществ в сбросах довольно сложно. Это объясняется следующими причинами.

Во-первых, на формирование уровня загрязненности водных объектов при поступлении в них поллютантов оказывают водность и концентрация веществ в поверхностных водах, которая была до попадания в них сточных вод.

Во-вторых, загрязняющие вещества, поступив в водные объекты, могут трансформироваться либо до безвредных соединений, или, наоборот, до более токсичных веществ.

В-третьих, в процессе диффузного поступления поллютантов в водотоки и водоёмы часть загрязняющих веществ останется на водосборной территории, а часть трансформируется по пути к водному объекту.

К настоящему времени не только в России, но и за рубежом не накоплено достаточного опыта в разработке экономических механизмов, нацеленных на снижение неорганизованного поступления загрязняющих веществ в водные

объекты. Это связано со спецификой формирования диффузных стоков, которая обуславливает трудности определения массы поллютантов, поступающим диффузным путем, и идентификации виновников загрязнения водных объектов.

Одним из основных источников диффузного загрязнения водных объектов является сельское хозяйство. В конце 80-х годов 20-го века во многих странах были разработаны специальные программы действий по снижению негативного влияния сельского хозяйства на окружающую среду, основным принципом ответственности за нарушение которых является принцип: «Загрязнитель платит». Этот принцип реализуется через систему налогов, платежей за загрязнение, штрафов.

Взимание налогов широко распространено в странах Европы. К примеру, в Нидерландах налогом облагается превышение допустимой разницы между количеством биогенных веществ, внесенных с удобрениями, и их выносом с хозяйственной продукцией. Однако чаще всего налоги взимаются не в виде прямой платы за загрязнение, а в виде налогов на продукты и материалы, загрязняющие окружающую среду, такие как пестициды, минеральные и органические удобрения и т.д.

Все больший вес в решении задач защиты водных объектов от диффузного загрязнения в развитых странах приобретают рычаги побудительного характера: компенсации, субсидии, кредиты, займы, налоговые льготы.

В Германии специальные фонды, учрежденные правительством, доступны только фермерам, которые принимают меры, такие как расширение емкостей для хранения полужидких отходов животноводства и отказ от использования удобрений и пестицидов близко к берегам.

В Нидерландах одним из наиболее эффективных механизмов для водных компаний являются ежегодные выплаты фермерам для принятия водоохранных мер. Водные компании выплачивают фермерам компенсации, если они обязуются не использовать пестициды и удобрения на определенном расстоянии от питьевых водозаборов.

В Швеции выработана программа предоставления субсидий в поддержку внедрения систем наилучшего управления сельскохозяйственной деятельностью с целью поощрения использования этих систем с учетом возможности потери дохода.

Выплаты фермерам за внедрение превентивных мер идет вразрез с принципом «Загрязнитель платит». Однако выплаты фермерам за эти так называемые «водные услуги» по своей величине меньше, чем затраты на очистку воды.

В целом существующая практика определения и взимания платежей, связанных с использованием водными объектами, имеет следующие недостатки:

- налоговый и штрафной характер платежей;
- формальное деление поступивших средств между федеральным бюджетом и бюджетом субъекта Российской Федерации;
- отсутствие гарантий использования поступивших средств на решение водохозяйственных проблем;
- несовершенный порядок принудительного взыскания штрафов.

Таким образом, система нормативно-методической документации, обеспечивающей решение проблем экономического регулирования рационального водопользования, нуждается в совершенствовании. Оно должно осуществляться по следующим направлениям:

- совершенствование системы начисления и взимания платежей;
- переход от существующей системы к более естественной, опирающейся на понятия необходимых затрат, стоимости и цены;
- отработка механизма доведения финансовых потоков до предприятий, осуществляющих водоохранные мероприятия;
- разработка порядка взимания платы за загрязнение водных объектов диффузным путем;
- совершенствование мер экономического стимулирования рационального использования водных ресурсов и т.д.

В целом, вопросы, связанные с экономическим регулированием использования и охраны вод, требуют определенной доработки. Очевидно, наиболее

эффективными механизмами, используемыми в системе управления водохозяйственной деятельностью, будут те, которые подкрепляются соответствующей нормативно-правовой базой и которые нацелены на то, чтобы загрязнителю было бы выгоднее вкладывать средства в осуществление водоохранных мероприятий, чем платить штрафы за загрязнения.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Вода России. Экономико-правовое управление водопользованием / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 408 с.

2. Водный кодекс Российской Федерации. – М., 2007. – 56 с.

3. Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты. – М., 1998. – 28 с.

4. Попов В.Д., Афанасьев В.Н., Стариков В.М. Экология АПК: проблемы и практика управления природными ресурсами в сельскохозяйственном регионе (опыт русско-шведского сотрудничества) // Инженерная экология. – 1998. – №1. – С. 31-38.

5. Пряжинская В.Г., Ярошевский Д.М. Развитие эколого-экономических отношений водопользования в России // Инженерная экология. – 1998. – №1. – С. 39-47.

6. Рикун А.Д. Методы экономического стимулирования в управлении водоохранной деятельностью // Водные ресурсы. – 1995. – Т. 22. – №5. – С.610-618.

7. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

Раздел 3. Наиболее актуальные водные проблемы

Лекция 8. Химическое загрязнение природных вод

Каждый водный объект связан с окружающей его внешней средой. На него оказывают влияние условия формирования поверхностного или подземного стока, разнообразные природные явления, индустрия, промышленное строительство, транспорт, хозяйственная и бытовая деятельность человека.

Последствием этих влияний является привнесение в водную среду новых, несвойственных ей веществ – загрязнителей, ухудшающих качество воды. Загрязнения, поступающие в водную среду, классифицируют по-разному, в зависимости от подходов, критериев и задач.

Химическое загрязнение природных вод представляет собой изменение их естественных химических свойств за счет увеличения содержания в них вредных примесей. Примеси могут быть как органической природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, поверхностно-активные вещества, пестициды), так и неорганической природы (минеральные соли, кислоты, щелочи и др.).

1. Источники загрязнения водных объектов

Различные источники загрязнения водных объектов могут быть сгруппированы по таким признакам, как происхождение, локализация, продолжительность воздействия, вид носителя загрязняющих компонентов, вид загрязнения.

В зависимости от происхождения источники загрязнения водотоков и водоемов классифицируют на:

- антропогенные: промышленные, коммунальные, сельскохозяйственные, транспортные, прочие;
- природные: атмосферные, гидросферные, литосферные.

По локализации источники загрязнения водных объектов подразделяют на:

- точечные;
- линейные;
- площадные.

По продолжительности воздействия источники загрязнения водных объектов подразделяют на:

- постоянные;
- периодические;
- эпизодические.

По виду носителя загрязняющих компонентов источники загрязнения можно классифицировать на:

- сточные воды;
- возвратные воды орошения и дренажные воды;
- инфильтрационные воды;
- подземные воды;
- поверхностный сток;
- нефть и газ при добыче и транспортировке;
- аэрозоли;
- атмосферные осадки;
- прочие.

По виду загрязнения выделяют

- химическое: неорганическое и органическое;
- физическое: тепловое и радиационное;
- биологическое: микробное, гельминтологическое, гидрофлорное.

Таким образом, по своей локализации источники загрязняющих примесей могут быть подразделены на **точечные, линейные и площадные**.

Точечным источником называется источник, являющийся точкой по соотношению площади контакта с водным объектом к площади загрязненной зо-

ны водного объекта. Иными словами, под точечными источниками загрязнения понимают все объекты, с которых поступает концентрированный сток.

Линейными источниками загрязнения вод являются источники, оказывающие вредное воздействие на водный объект вдоль какого-либо направления (линейно), например, автомобильные и железные дороги.

К **площадным источникам** относятся источники, влияние которых проявляется рассредоточено по площади водного объекта. В последние годы площадные источники принято называть **диффузными**.

В соответствии с вышеизложенным, к **точечным источникам загрязнения** водных объектов, расположенным на речных водосборах, относятся:

- населенные пункты, имеющие систему ливневой канализации;
- животноводческие комплексы, навозохранилища, склады удобрений;
- объекты рекреации (базы отдыха и пионерские лагеря, имеющие земляные выгреба);
- техногенные объекты (карьеры, рудники), имеющие водоотлив либо систему отведения сточных вод.

К **площадным (диффузным) источникам** загрязнения относятся прежде всего пространственно распределенные объекты:

- сельскохозяйственные и естественные угодья;
- территории, загрязненные атмосферными выбросами;
- неканализованные населенные пункты.

Кроме того, к ним можно отнести садово-огороднические товарищества, свалки, карьеры, не имеющие системы отвода поверхностных вод, кладбища, скотомогильники и т.д.

Как правило, точечные источники имеют (или должны иметь) систему отведения сточных вод, в отличие от площадных (диффузных) объектов, являющихся источниками рассеянного стока.

Следует отметить, что в ряде случаев одни и те же объекты, к примеру, селитебные территории, отвалы, карьеры можно рассматривать, с одной сторо-

ны, как точечные, с другой стороны, как диффузные, поскольку они являются источниками как концентрированного, так и диффузного стока.

Различное рассмотрение обеих групп необходимо ввиду различных путей и скоростей миграции загрязняющих примесей. Как правило, сбросы от точечных источников являются регулярными и могут рассматриваться как стационарные, в то время как диффузные объекты являются нестационарными, сезонными источниками нагрузки, действующими в основном в вегетационный период (главным образом, в периоды весеннего половодья и летних дождевых паводков).

Особенности поступления в водные объекты загрязняющих примесей от площадных (диффузных) источников:

1. Нестационарный режим диффузных поступлений. Источники диффузного стока действуют преимущественно в течение вегетационного периода и приурочены, главным образом, к фазам повышенной водности, в отличие от точечных источников, сбросы которых, как правило, являются регулярными и могут рассматриваться как стационарные. Результаты исследований показывают, что при диффузном стоке, формирующемся на водосборах, основная доля загрязняющих веществ поступает в водные объекты в периоды весеннего половодья и дождевых паводков.

2. Пространственная рассредоточенность. В отличие от точечных источников примесей, загрязнители, от которых в водные объекты поступают диффузные стоки, как правило, рассредоточены в пространстве. При определении массы выноса загрязняющих веществ диффузным стоком и оценке их воздействия на водные объекты необходимо принимать во внимание такие показатели, как различная протяженность контура примыкания источников диффузного стока к водоприемнику по каждому берегу, различная ориентация их по отношению к водотоку или водоему, степень удаленности от водного объекта.

3. Пространственно-временная изменчивость параметров диффузного стока. К основным параметрам стока относят объемы и концентрации поллютантов. Изменчивость этих показателей обусловлена тесной зависимостью

объемов диффузного стока и концентраций загрязняющих веществ от многих факторов (не только антропогенных, но и природно-климатических).

Варьирование концентраций загрязняющих веществ во времени связано с различным механизмом происходящих процессов. В начале периода весеннего половодья состав диффузного стока определяется количеством поллютантов, накопившихся в снежном покрове за зимний период. В конце весеннего половодья формирование стока осуществляется в результате взаимодействия талых вод с веществами оттаявшей почвы, поэтому концентрации поллютантов в стоке талых вод могут изменяться в значительной степени.

4. Наличие буферной зоны между источником загрязнения и водным объектом. Имеющееся пространство между источником примесей и водным объектом обуславливает возможность частичной аккумуляции твердых веществ и трансформации ряда химических соединений. При наличии прибрежных лесокустарниковых полос, залуженных участков и т.д. между источником загрязнения и водотоком или водоемом масса загрязняющих веществ, поступающих с диффузным стоком, может снизиться на 50-90%.

5. Широкий спектр поллютантов, поступающих диффузным путем. В зависимости от специфики хозяйственной деятельности каждый источник характеризуется определенным набором загрязняющих веществ, что предопределяет необходимость выделения репрезентативных показателей. Репрезентативными показателями диффузных стоков, поступающих в водные объекты с сельскохозяйственных угодий, являются азот аммонийный, азот нитратный, фосфор, взвешенные вещества, пестициды, а в регионах, отличающихся повышенной минерализацией – ряд катионов и анионов. Наиболее типичными поллютантами, поступающими с рассеянным стоком в гидросферу с сельских территорий, являются взвешенные и органические вещества, соединения группы азота и фосфора, свинец, а также нефтепродукты.

6. Различные пути поступления загрязняющих веществ в водотоки от источников диффузного загрязнения. В зависимости от геоморфологических особенностей территории, а также особенностей размещения источника диф-

фузного загрязнения в пространстве, миграция поллютантов может осуществляться различными путями – по поверхности, по ложбинам (при развитой овражно-балочной сети), по временным водотокам (ручьям) и т.д. В условиях богарного земледелия сток загрязняющих веществ с водосбора формируется преимущественно за счет поверхностной составляющей, а при использовании осушительных и оросительных мелиораций значительная часть потоков приходится на подземную составляющую.

2. Загрязнение водных объектов органическими веществами

Сточные воды, содержащие суспензии органического происхождения или растворенное органическое вещество, пагубно влияют на состояние водоемов. Осаждаясь, суспензии заливают дно и задерживают развитие или прекращают жизнедеятельность микроорганизмов, участвующих в процессе самоочищения вод. При гниении донных осадков могут образовываться вредные соединения и отравляющие вещества, такие как сероводород, который приводит к загрязнению всей воды в реке. Наличие суспензий затрудняет также проникновение света вглубь водоема и замедляет процессы фотосинтеза.

Разлагаясь в водной среде, органические вещества могут стать средой для патогенных организмов. Вода, загрязненная органическими отходами, становится практически непригодной для питья и других надобностей. Бытовые отходы опасны не только тем, что являются источником некоторых болезней человека (брюшной тиф, дизентерия, холера), но и тем, что требуют для своего разложения много кислорода. Если бытовые сточные воды поступают в водоем в очень больших количествах, то содержание растворимого кислорода может уменьшиться ниже уровня, необходимого для жизни пресноводных организмов.

Нефть и нефтепродукты

Нефть представляет собой вязкую маслянистую жидкость, имеющую темно-коричневый цвет и обладающую слабой флуоресценцией. Нефть состоит преимущественно из насыщенных алифатических и гидроароматических угле-

водородов. Основные компоненты нефти – углеводороды (до 98%) – подразделяются на 4 класса;

Парафины (алкены) – (до 90% от общего состава) – устойчивые вещества, молекулы которых выражены прямой и разветвленной цепью атомов углерода. Легкие парафины обладают максимальной летучестью и растворимостью в воде.

Циклопарафины – (30-60% от общего состава) – насыщенные циклические соединения с 5 – 6 атомами углерода в кольце. Кроме циклопентана и циклогексана, в нефти встречаются бициклические и полициклические соединения этой группы. Эти соединения очень устойчивы и плохо поддаются биоразложению.

Ароматические углеводороды – (20-40% от общего состава) – ненасыщенные циклические соединения ряда бензола, содержащие в кольце на 6 атомов углерода меньше, чем циклопарафины. В нефти присутствуют летучие соединения с молекулой в виде одинарного кольца (бензол, толуол, ксилол), затем бициклические (нафталин), полициклические (пирен).

Олефины (алкены) – (до 10% от общего состава) – ненасыщенные нециклические соединения с одним или двумя атомами водорода у каждого атома углерода в молекуле, имеющей прямую или разветвленную цепь.

Нефтепродукты, попадая в водоемы, могут находиться как в виде пленки, так и в растворенном состоянии. Количество нефтепродукта, находящегося в растворенном состоянии, зависит от степени минерализации воды: чем выше степень минерализации воды, тем меньше в ней растворенной нефти.

Вредное действие нефтяной пленки заключается в том, что она, закрывая поверхность водоема прекращает доступ кислорода в воду, чем нарушает нормальный процесс его растворения в последней. Аэрация воды замедляется уже при слое масла толщиной 0,5 мм.

В соответствии с правилами охраны водоемов от загрязнения сточными водами количество O_2 растворенного в воде водоема первого вида водопользования

не должно опускаться ниже 4 мг/л, а для водоемов рыбохозяйственного водопользования – ниже 6 мг/л.

Уменьшение аэрации воды при одновременном потреблении кислорода на окисление нефтепродуктов и других загрязнений, поступивших в водоем, может вызвать недопустимое понижение содержания O_2 в последнем. Это приводит к ухудшению условий обитания рыб и планктона в воде водоема.

Влияние нефтяных загрязнений на газовый режим реки и БПК её воды невелико и наблюдается, в основном, в непосредственной близости от источника загрязнения. Это объясняется тем, что окисление нефтепродуктов в воде водоема происходит медленно, а поэтому они распространяются вниз по реке на большие расстояния, иногда на сотни километров.

Особенно длительно держится керосиновый запах, сообщаемый воде нефтепродуктами. Он может сказываться даже при отсутствии внешних признаков загрязнений. Керосиновый запах обнаруживается даже при разбавлении нефти водой в соотношении 1: 1000000. Наличие у воды запаха приводит к порче вкусовых качеств рыбы, так как её мясо приобретает этот запах. Исходя, из ухудшения органолептического показателя воды и выбрана допустимая концентрация нефтепродуктов в воде водоема 0,1 – 0,3 мг/л.

Кроме ухудшения кислородного режима водоёма и вкусовых качеств воды нефтепродукты в виде своей ядовитости оказывают вредное влияние на флору и фауну водоема. Особенно токсичны легкие предельные углеводороды нефти.

ХПК и БПК

Сточные воды, содержащие органические примеси, оказывают особо вредное влияние на биосферу. Органические примеси, попадая в водоемы, связывают в воде кислород на различные окислительные процессы, в первую очередь на аэробное биологическое разложение примесей. Поэтому сброс сточных вод, содержащих органические вещества, приводит к дефициту кислорода, необходимого для существования живых организмов и растений в водоемах. Косвенными показателями загрязненности сточных вод (и водоемов) органически-

ми веществами служат окисляемость, или химическое потребление кислорода (ХПК), и биохимическое потребление кислорода (БПК).

Под ХПК понимают массу кислорода (в мг), необходимую для окисления 1 мг вещества в CO_2 , H_2O , NO_3^+ или для окисления органических примесей, содержащихся в 1 дм^3 воды.

БПК – главный показатель загрязненности воды органическими примесями, а также эффективность очистки воды. Под БПК понимают содержание кислорода (в мг/дм^3), израсходованного за определенный промежуток времени на аэробное биохимическое окисление (разложение) нестойких органических веществ, содержащихся в воде.

В зависимости от периода времени, за которое определяют БПК, различают БПК₅ (за пять суток), БПК₁₀ (за десять суток) и т.д., вплоть до БПК_{полн} (полное), когда все биологически окисляемые вещества разложились микроорганизмами.

Синтетические поверхностно-активные вещества

Детергенты (СПАВ) относятся к обширной группе веществ, понижающих поверхностное натяжение воды. Они входят в состав синтетических моющих средств, широко применяемых в быту и промышленности. В зависимости от природы и структуры гидрофильной части молекулы, СПАВ, делятся на анионоактивные, катионоактивные, амфотерные и неионогенные. Последние не образуют ионов в воде. Наиболее распространенными средствами СПАВ являются анионоактивные вещества.

3. Загрязнение водных объектов неорганическими веществами

Тяжелые металлы (ТМ)

С химической точки зрения ТМ – металлы, имеющие плотность более 5 г/см^3 . Многие ТМ являются микроэлементами, необходимыми для жизнедеятельности живых организмов. Их биохимическое и физиологическое действие проявляется в определенных дозах. Жизненно-необходимые металлы (Fe, Mn,

Zn, Mg, Cu, Mo, Co и некоторые другие) требуются растительным организмам в сравнительно небольших количествах, однако при концентрациях выше оптимальных они становятся фитотоксичными.

В водной среде ТМ могут существовать в разных формах:

- 1) металлы в растворенной форме;
- 2) металлы, сорбированные и аккумулярованные фитопланктоном;
- 3) металлы, удерживаемые донными отложениями в результате седиментации взвешенных органических и минеральных частиц из водной среды;
- 4) металлы, адсорбированные на поверхности донных отложений либо на частицах взвеси.

К основным факторам, регулирующим биологическую доступность металлов в водной среде, относят рН среды, температуру, уровень солености, а также наличие в среде различных комплексообразующих лигандов. В роли таких лигандов могут выступать высокоокисленные полимеры типа гумусовых веществ, проникающих в воду из почв, а также различные растворимые полипептиды, полисахариды, жирные кислоты и аминокислоты, представляющие собой продукты жизнедеятельности водных организмов. Токсичность тяжелых металлов тесно связана с их физическими и химическими свойствами и зависит как от строения самого металла, так и от организации биологического объекта. Тяжелые металлы способны образовывать прочные комплексы со многими органическими соединениями и связываться с важными функциональными группами (сульфгидрильными, фосфатными и другими группами). Вследствие этого может наблюдаться ингибирование ферментов.

Аммиак

Аммиак – серьезный загрязнитель вод, угрожающий водному населению. Он попадает в естественные системы из нескольких источников, включая сельскохозяйственные и промышленные отходы, а также и недостаточно окисленные бытовые стоки. Аммиак также является продуктом естественного биологического разложения различных азотосодержащих органических веществ.

Токсичность водных растворов аммиака и его солей для рыб обуславливается неионизированными (недиссоциированными) молекулами NH_3 . Ионизированные молекулы NH_4^+ рассматриваются либо как нетоксичные, либо значительно менее токсичные. Концентрация недиссоциированного аммиака определяется химическими и физическими свойствами воды, и поэтому токсичность аммиака для рыб зависит от влияния этих переменных на химическое равновесие водно-аммиачного раствора. Самые важные факторы, влияющие на это равновесие, рН, температура и ионная концентрация.

Токсичность аммиака для рыб также зависит от количества растворенного кислорода и свободной двуокиси углерода. Уменьшение концентрации растворенного кислорода повышает ядовитость аммиака, что, возможно, связано с усилением вентилирования жабр и соответствующим увеличением прохождения аммиака через ткани жабр. В воде с низкой концентрацией CO_2 токсичность аммиака может уменьшиться.

Нитриты

В большинстве естественных пресноводных водоемов и водотоков обнаруживаются лишь следы нитритов. В процессе нитрификации, т.е. биологического окисления аммиака до нитратов, нитриты образуются как промежуточные продукты. Сооружения первичной очистки сбрасывают в водоем большие количества аммиака и продуктов его превращения. По мере того как процесс нитрификации продолжается вниз по течению от пункта сброса, могут обнаруживаться уровни нитритов выше нормы. Из общего сбрасываемого сооружениями вторичной очистки азота меньшую часть составляет аммиак, большую – нитраты, поэтому процентное отношение нитритов увеличивается. Эти соотношения указывают, насколько полно прошла нитрификация в очистном сооружении перед сбросом. Нитриты вызывают метгемоглобинемию у рыб. Это приводит к снижению способности крови переносить кислород, и рыба может погибнуть от аноксии.

Нитраты

Нитраты служат одним из показателей загрязнения вод и, кроме этого, этот компонент обладает токсичностью. Как правило, концентрация NO_3^- в поверхностных водах порядка 1 мг/л, поскольку только незначительная часть нитратов попадает в воду из почвы.

Концентрация NO_3 сильно колеблется в одном и том же пункте. В период энергичного развития водных растений она может падать до нуля, но в результате загрязнения может резко возрастать.

В небольших водоемах (прудах) максимальное содержание нитратов (11,5 мг/л) наблюдается во время паводка. При зимних оттепелях в пруды поступают талые снеговые воды, когда потребление нитратного азота растительностью наименьшее. В летний же период в результате биологического потребления содержание нитратов нередко снижается до 0,03 мг/л. В течение осени и зимы с уменьшением потребления азота в связи с процессами нитрификации нитраты снова накапливаются в водоемах.

Сравнительная оценка содержания $\text{N}_{\text{орг}}$ в разных горизонтах показывает, что азот накапливается по мере движения вод в глубокие части земной коры. По мере продвижения в глубь земли нитратная форма, образованная в результате минерализации $\text{N}_{\text{орг}}$, будет находиться в аммонийной форме.

Нитраты периодически образуются в атмосфере при грозовых явлениях. Под воздействием сильных разрядов азот соединяется с кислородом и образует оксиды NO_2 и NO_3 .

Выпадающие на поверхность почвы дожди вносят в нее некоторое количество нитратов. Однако основная масса нитратов продуцируется в самом почвенном покрове в результате разложения органического вещества. Ежегодно с растительным опадом в почвы поступают десятки и сотни килограммов азота, входящего в состав различных органических соединений. Микроорганизмы в почве превращают органический азот в аммиачный. Реакция аммонификации протекает в широком диапазоне pH. В окисленной среде аммоний окисляется сначала до азотистой, а затем до азотной кислоты.

Процесс нитрификации и накопления нитратов происходит в условиях господства окислительного режима при высоких значениях окислительно-восстановительного потенциала (Eh), порядка 400-500 мВ. Этим объясняется значительное накопление нитратов в почвах. При ухудшении аэрирования почвы, которое наступает при смачивании почвы дождевой водой или в результате подтопления грунтовыми водами, происходит снижение Eh и развитие процессов денитрификации. Снижение Eh до 340 мВ вызывает переход нитратов в нитриты. Дальнейшее снижение окислительно-восстановительного потенциала вызывает переход нитритов в газообразные окислы азота и исчезновение азота из почвенного горизонта.]

Главным источником накопления нитратов в поверхностных водоемах следует считать почвенный покров; атмосферные осадки имеют второстепенно значение. Однако в пресных водоемах нитраты не концентрируются, поскольку они потребляются растениями. Их содержание в этих водоемах, очевидно, будет определяться соотношением между поступлением и потреблением растительными организмами. По-видимому, нитраты способны накапливаться в озерах, где растительности нет.

Локальное накопление нитратов может происходить путем нитрификации аммония, поступающего из глубоких водоносных горизонтов, где господствуют анаэробные условия.

Мощным фактором нитратного загрязнения являются удобрения. Так как в подземных водах потребители нитратов отсутствуют, содержание нитрат-ионов под влиянием загрязнения увеличивается до таких размеров, что они становятся преобладающими в анионном составе.

Содержание нитратов в незагрязненных природных водах обычно не превосходит несколько миллиграммов в литре. Главным источником поступления нитратов служит почвенный покров.

4. Процессы самоочищения водоемов и водотоков

Процессы самоочищения в водных экосистемах осуществляются под действием физических (разбавление, осаждение грубодисперсных примесей), физико-химических (коагуляция коллоидных примесей), химических (гидролиз, окислительно-восстановительные реакции) и биологических факторов. Интенсивность этих процессов зависит от взаимодействия различных природных факторов.

В процессе самоочищения от органических веществ основная роль принадлежит биологическим факторам, когда под действием определенного вида микроорганизмов и ферментов происходит минерализация и окисление органических загрязнений. Определяя в немалой степени устойчивость природных сфер к хозяйственным нагрузкам, самоочищающая способность представляют собой существенный экономический фактор, позволяющий регулировать как объем ущерба, наносимого среде производством, так и размеры затрат экологического назначения.

Поступающие в реки загрязняющие вещества подвергаются различным химическим превращениям, которые условно можно разделить на гидрохимические и гидробиологические. Так, например, органические вещества окисляются под действием кислорода. Это, в свою очередь, препятствует образованию техногенных аномалий в природном слое. Такие вещества, как СПАВ и фенолы, не вступающие в обычных условиях в химические реакции, могут разлагаться только в результате воздействия на них микроорганизмов.

Для фиксированных сбросов процесс самоочищения наиболее активно будет протекать при следующих условиях:

- загрязнения быстро перемешиваются и выносятся;
- имеется достаточный для разбавления объем воды;
- большая часть металлов не оседает на дно в месте сброса, а переходит в металлоорганические соединения и продолжает мигрировать;

- в воде содержится достаточное количество кислорода для окисления металлов, нефти и органических загрязнителей; микроорганизмы находятся в активном состоянии и расщепляют нефть и такие трудно поддающиеся разложению вещества, как СПАВ и фенолы.

Учитывая это, максимальные значения величин должны отражать и наилучшие относительные способности к самоочищению.

На протяжении всего периода развития жизни на Земле происходит непрерывное самоочищение биосферы, в частности воды. Этот процесс обеспечивается в основном деструктивной деятельностью микроорганизмов. Микробы, обитающие в водной толще, донных отложениях, илах разрушают аллохтонное вещество, минерализуют органические остатки и таким образом очищают воду.

Однако быстрая урбанизация, развитие промышленности, химизация сельского хозяйства и быта сопровождается резким загрязнением природных вод, создает угрозу, а в ряде случаев приводит к гибели высшей водной фауны и растительности в некоторых естественных водоемах. Поэтому последние несколько десятков лет человек сознательно, преднамеренно и в возрастающих масштабах использует микроорганизмы-деструкторы для очистки сточных вод, как бытовых, так и промышленных.

5. Пути защиты водных объектов от химического загрязнения

Основной путь защиты водных объектов от вредных воздействий промышленных производств – создание экологически безвредных технологических процессов и безотходных, на первых порах малоотходных, химических производств.

Основные направления охраны биосферы, которые, в конечном счете, ведут к созданию безотходной технологии, следующие:

- разработка и внедрение принципиально новых технологических процессов и систем, работающих по замкнутому циклу, позволяющих исключить образование основного количества отходов;

- создание безотходных технологических систем и водооборотных циклов на базе наиболее эффективных методов очистки сточных вод;

- переработка отходов производства и потребления в качестве вторичного сырья;

- создание территориально-промышленных комплексов с замкнутой структурой материальных потоков сырья и отходов внутри комплекса.

Создание бессточных технологических систем и водооборотных циклов на базе наиболее активных эффективных методов очистки сточных вод – важнейшая задача охраны гидросферы и снижения потребления природной воды промышленностью. Для решения этой задачи в промышленности широко внедряют **системы водооборота**. Потребление сокращают путем совершенствования технологии и замены водяного охлаждения воздушным. Разработаны системы замкнутого водооборота практически без стоков и расхода свежей воды.

Основные решения в вариантах комплексных схем очистки и повторного использования сточных вод примерно одинаковы и различаются лишь набором и последовательностью очистных установок в соответствии с составом сточных вод. Эти решения следующие: во всех системах предусмотрены рециклы сточных вод в основных водоемких производствах с наличием локальных очистных установок на определенной ступени рецикла; в общечистную канализацию разрешен сброс только тех стоков, которые невозможно или невыгодно повторно использовать в данном производстве, но которые можно очистить на общезаводских очистных установках; все сточные воды разделены на самостоятельные потоки: хозяйственно-бытовые, загрязненные органическими веществами, сильноминерализованные, слабоминерализованные и ливневые.

Хозяйственно-бытовые и загрязненные органическими веществами стоки проходят совместную очистку на биологических очистных сооружениях; слабоминерализованные стоки подвергают физико-химической очистке; сильноминерализованные – физико-химической очистке, а затем термическому прессованию. Дистиллят установок опреснения используют на ТЭЦ, а рассол – как сырье для электролиза, или он подлежит захоронению. Для стоков, загряз-

ненных особо токсичными веществами, содержащих биологически неразлагаемые соединения, например, «жесткие» ПАВ, или при необходимости строгой корректировки состава оборотной воды (флотация, электрохимические производства) применяют локальные приемы тонкой очистки данного стока. Для этого разработаны новые методы очистки сточных вод – радиационные, фотохимические, обратный осмос, озонирование и др. Однако для обезвреживания локальных стоков, содержащих особо токсичные, трудноразлагаемые соединения, наиболее целесообразно исключение такого стока или его сокращение до минимума чисто технологическими приемами.

Водооборотные циклы одновременно с очисткой воды используют для ее охлаждения в тех производствах, где вода нагревается. Для этого сточные воды после очистки охлаждают в градирнях, теплообменниках воздушного охлаждения либо в других теплообменных устройствах, после чего вновь возвращают в циклы.

В последние годы водооборотные системы предприятий химической промышленности и смежных отраслей обеспечивают около 90% их общего водопотребления. Ряд заводов, например, некоторые нефтеперерабатывающие предприятия в маловодных районах, работают без сброса сточных вод в водоемы, сточные воды после биологической и физико-химической очистки полностью используют в замкнутом цикле.

Таким образом, радикальным решением проблемы дальнейшей производственной деятельности человечества без нарушения равновесия в природе является создание безотходных или малоотходных производств, работающих по замкнутому циклу, без расхода свежей воды. Все остальные направления могут рассматриваться либо как временные, переходные, либо как элемент безотходной технологии в пределах данного предприятия или территориально-промышленного комплекса. Безотходная технология обеспечивает большие экономические выгоды, в частности, повышение эффективности капиталовложений, снижение затрат на очистные сооружения, уменьшение или ликвидацию вторичного экономического ущерба в результате действия загрязнителей.

Однако введение мало- и безотходных технологий не решает в полной мере проблему химического загрязнения водных объектов. Как было отмечено в разд. 1, в последние годы существенно возрос вклад в загрязнение природных вод диффузных источников, рассредоточенных по водосборной территории. В связи с этим назрела острая необходимость разработки экологически оптимальных методов хозяйственной деятельности и выработки стратегии управления водными ресурсами мероприятиями на водосборе, направленность которых не противоречит принципам, лежащим в основе функционирования природных ландшафтов.

Для решения указанных проблем необходимы:

создание современной информационной системы, включающей многоуровневый комплексный мониторинг, в том числе и за источниками диффузного загрязнения водных объектов;

разработка нормативно-правовых документов, определяющих ответственность водопользователя за загрязнение водного объекта неорганизованными сбросами;

разработка методических основ формирования платежей за неорганизованный сброс загрязняющих веществ;

разработка приемов экономического стимулирования рационального использования природных ресурсов;

разработка механизма регулирования межведомственных и внутриведомственных отношений, связанных с природопользованием в речных бассейнах.

Для поддержания стокорегулирующей роли водосборных территорий, а следовательно, защиты водных объектов от загрязнения, заиления и истощения, необходимо совершенствование системы регулирования хозяйственной деятельности, а также разработка комплекса организационно-хозяйственных мероприятий и инженерно-технических средств с более полным учётом местных рельефных, климатических и геолого-гидрологических условий. Необходимо прогнозировать степень воздействия хозяйственных и водоохраных мероприятий на все компоненты природной среды: почвенный покров, водотоки и водо-

емы, наземные и водные биоценозы, природные и природно-антропогенные ландшафты прилегающих территорий. Особое внимание следует уделить разработке методических основ прогнозирования качества поверхностных вод при диффузном загрязнении и определению научно-обоснованных нормативов антропогенного воздействия на водосборы водных объектов, особенно на водосборы малых рек.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Авакян А.Б., Широков В.М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1994. – 319 с.
2. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. – М.: Форум-Инфра-М., 2007. – 192 с.
3. Классификация источников загрязнения водных объектов / Нормативы водного надзора. – М., 1985. – 8 с.
4. Липунов И.Н. Основы химии и микробиологии природных и сточных вод. – Екатеринбург, 1995. – 212 с.
5. Тушинский С.Г., Шинкар Г.Г. Загрязнение и охрана природных вод. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов (Итоги науки и техники. ВИНТИ, АН СССР). – М., 1982. – Т.12. – 200 с.
6. Щербаков Г.А. Рассредоточенные источники загрязнения поверхностных вод: проблемы и перспективы // Водные ресурсы (информационные материалы). – Минск, 1998. – № 4. – С. 33-41.

Лекция 9. Проблемы безопасности гидротехнических сооружений

Проблема безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) тесно связана с историей отечественной и мировой гидротехники, проектированием и строительством гидроузлов, плотин, каналов, гидроэлектростанций.

Опыт последних лет свидетельствует о возросшей вероятности аварий отечественных гидротехнических сооружений (ГТС), что и предопределяет повышенный интерес специалистов к проблеме обеспечения их безопасности.

1. Современное состояние проблемы

Опыт проектирования и строительства гидротехнических объектов в России приобретался на отечественной основе. Массовое строительство небольших водохранилищ началось в конце 17 столетия. В частности, в середине 18 века только на реках горнозаводской части Урала уже существовало около 160 водохранилищ, а к середине 19 века их стало 230. Расцвет гидротехнического строительства на реках России, безусловно, относится к 20 столетию. Особенностью российского гидротехнического строительства является широкомасштабное создание так называемых равнинных водохранилищ.

В настоящее время на территории Российской Федерации эксплуатируется более 30 тыс. водохранилищ и несколько сотен накопителей промышленных стоков и отходов. Имеется около 60 крупных водохранилищ емкостью более 1 км³.

Водохозяйственные сооружения на водных объектах: плотины, шлюзы, дамбы, водозаборы – находятся на балансе предприятий различных ведомств.

Анализ современного состояния проблемы показывает, что в целом по России гидротехнические сооружения характеризуются довольно низким уровнем безопасности. Средний возраст подпорных дамб, плотин и других водохозяйственных объектов составляет 30-40 лет, а в ряде случаев превышает 100

лет. Подавляющее большинство гидротехнических сооружений нуждается в текущем ремонте, а более 400 находится в аварийном и предаварийном состоянии.

С каждым годом возрастает вероятность аварий отечественных гидротехнических сооружений. Большинство из ныне действующих крупных водохозяйственных систем и гидроузлов построены в 30-е годы и в годы послевоенных пятилеток. Значительных работ по их реконструкции и обновлению не проводилось. В результате этого к настоящему времени износ многих гидросооружений составляет около 60% и, как следствие, увеличилось число аварий и катастроф, возросла вероятность крупных катастроф, грозящих экологическими бедствиями. За последние годы произошли прорывы плотин ряда крупных водохранилищ и сотен прудов.

Подавляющее большинство аварий на гидротехнических сооружениях в последние 10-15 лет происходит в результате переполнения водохранилищ и прорыва вследствие этого плотин. Наиболее частыми причинами аварий являются ошибки проектов, грубые нарушения правил эксплуатации плотин и водохранилищ, отсутствие или низкая эффективность государственного надзора за их безопасностью, неправильная оценка максимальных размеров паводков, недостаточность инженерных изысканий при строительстве плотин, недооценка сейсмической опасности, отсутствие или низкий профессиональный уровень эксплуатационного контроля состояния гидротехнических сооружений и их оснований. Нередко причиной аварий становится нежелание владельцев сооружений финансировать мероприятия, направленные на обеспечение безопасности и предотвращение чрезвычайных ситуаций при эксплуатации гидротехнических сооружений.

Следует отметить, что изменение экономической ситуации в России вызвало обострение проблем, связанных с обеспечением безопасности гидротехнических сооружений, поскольку в условиях экономического кризиса затраты на эксплуатацию гидротехнических сооружений и их реконструкцию существенно снизились.

В ноябре 1994 г. был принят Федеральный закон «**О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера**», который определил общие организационно-правовые нормы в области защиты населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Федеральный закон «**О безопасности гидротехнических сооружений**», вступивший в действие в 1997 г., определил новые требования к обеспечению безопасной эксплуатации сооружений, разграничил полномочия Правительства РФ, органов исполнительной власти субъектов Федерации, определил основные обязанности собственников сооружений и эксплуатирующих организаций, установил порядок правовой и финансовой ответственности за последствия аварий ГТС.

Согласно ст. 3 Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений», под **безопасностью ГТС** понимается их свойство, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов.

В комплекс мер по выполнению требований Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» входят:

- составление деклараций безопасности гидротехнических сооружений;
- подготовка материалов для Российского регистра гидротехнических сооружений;
- разработка нормативно-методических документов, реализующих положения ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».

Таким образом, в последние годы начала активно создаваться нормативно-правовая база, необходимая для целенаправленного государственного регулирования безопасности гидротехнических сооружений. Однако к настоящему времени единая база нормативно-методической документации, необходимой для реализации основных положений Закона «О безопасности гидротехнических сооружений», еще не сформирована.

Следовательно, наиболее актуальными направлениями научной и нормотворческой деятельности по решению проблем обеспечения безопасности ГТС являются:

- проведение исследований, связанных с реализацией и обеспечением выполнения требований Закона «О безопасности гидротехнических сооружений»;
- анализ имеющихся нормативно-методических документов по обеспечению безопасности ГТС и приведение их в соответствие с действующим законодательством.

2. Проблемы обеспечения безопасности ГТС на различных этапах

Проблема безопасности функционирования гидротехнических сооружений должна решаться на всех стадиях, начиная от проектно-изыскательских работ и вплоть до возможного вывода объекта из эксплуатации. Поэтому представляется целесообразным кратко рассмотреть состояние дел в отношении обеспечения нормативно-методической документацией на различных этапах, связанных с функционированием ГТС.

Проектирование как начальный этап подготовки строительства гидротехнического сооружения оказывает решающее влияние на состояние объекта, его показатели и длительность функционирования. Поэтому первостепенной задачей становится обеспечение качества проектной документации в гидротехническом строительстве, которое, в свою очередь, в значительной степени зависит от качества проведения изыскательских работ.

В связи с распадом Советского Союза система управления технологическим процессом проектирования как единым проектно-изыскательским и научно-исследовательским комплексом оказалась разрушенной: ухудшилось обеспечение научно-технической информацией, изменился порядок разработки отдельных разделов проектов, нарушилась система разработки и использования нормативных документов.

С 1992 года наблюдается сокращение объема изыскательских работ для обоснования проектов и обеспечения строительства новых гидроэнергетических объектов из-за финансовых трудностей.

При инженерных изысканиях для целей гидротехнического строительства основной задачей исследований должно являться получение научно-обоснованной прогнозной информации о качественных и количественных характеристиках будущей природно-технической системы, которая сформируется в результате взаимодействия проектируемых сооружений с природной средой в процессе их строительства и эксплуатации.

Методологической основой эффективного решения проблемы оптимизации инженерных изысканий, исследований для инженерно-геологических изысканий, должны служить результаты мониторинга процессов взаимодействия строящихся и эксплуатируемых сооружений с природной средой как наиболее объективного критерия оценки правильности инженерно-геологических прогнозов функционирования создаваемой природно-технической системы.

Как известно, проектные решения, определяющие тип, конструкцию, компоновку основных сооружений гидроузла, условия его «вписывания» в природную среду и требования экологической защиты, должны быть приняты на стадии технико-экономического обоснования проекта. В связи с этим именно этот этап проектно-изыскательских работ является наиболее ответственным с точки зрения надежности прогнозов динамики природных процессов в области взаимодействия будущих сооружений с природной средой.

Таким образом, основными направлениями деятельности по совершенствованию нормативно-методической базы, регламентирующей порядок проектирования и строительства гидротехнических сооружений, являются:

- разработка методических и нормативных документов для экономических оценок и обоснования проектных решений, целесообразности строительства водохозяйственных, гидроэнергетических и гидротехнических объектов и сооружений;

- совершенствование нормативно-методической базы по определению гидрологических характеристик, необходимых для проектирования гидротехнических сооружений.

Эксплуатация гидротехнических сооружений должна осуществляться в соответствии с нормами и правилами, утверждаемыми органами государственного надзора. В настоящее время правила эксплуатации гидротехнических сооружений действуют во всех отраслях, использующих гидротехнические сооружения. Использование и охрана водохранилищ осуществляется в соответствии с требованиями, определенными специально уполномоченным государственным органом управления использованием и охраной водного фонда для каждого водохранилища, каскада или системы водохранилищ. В связи с резким ухудшением экологического состояния водохранилищ особую актуальность приобрел вопрос о совершенствовании нормативных документов, устанавливающих правила их эксплуатации и использования водных ресурсов.

Оценка уровня риска аварии гидротехнического сооружения неразрывно связана с назначением достоверных и представительных критериев безопасности сооружения. К настоящему времени критерии безопасности установлены лишь для немногих гидротехнических сооружений, преимущественно на объектах энергетики. Но и на тех объектах, где используются критерии безопасности гидротехнических сооружений, состав этих критериев не в полной мере отвечает требованиям, содержащимся в статье 3 Закона.

Анализ состояния ГЭС электростанций РАО «ЕЭС России» выявил ряд существенных недостатков в обеспечении безопасной эксплуатации сооружений:

На большинстве гидроузлов, находящихся в эксплуатации 40 лет и более, в неудовлетворительном состоянии находятся бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.

Отсутствует единая методика оценки состояния бетона и грунтовых материалов с учетом процессов их старения, в недостаточной мере используются

неразрушающие методы контроля состояния бетонных и грунтовых сооружений.

Механическое оборудование гидротехнических сооружений ряда электростанций морально устарело, физически изношено и требует неотложной замены. Не разработана методика оценки остаточного ресурса службы затворов и металлических конструкций гидротехнических сооружений.

Фактическая пропускная способность некоторых гидроузлов не соответствует проектным значениям и изменившимся условиям пропуска максимальных расходов.

На ряде электростанций состав натурных наблюдений и количество контрольно-измерительной аппаратуры не соответствует современным требованиям.

Реконструкция. Главной целью реконструкции является, как правило, восстановление ресурса физически изношенного и морально устаревшего оборудования.

Реконструкция действующего парка гидрогенераторов – это тема, которая уже давно обсуждается на различных форумах. Все предпринимавшиеся прежде попытки выработать общую концепцию для реализации неизбежной реконструкции основного силового оборудования ГЭС не дали положительного результата. Не удалось даже разработать единые нормативы по определению ресурса этого оборудования. Поэтому метод экспертных оценок, основанный на обобщении и анализе предыдущего опыта эксплуатации и дополненный данными объективного контроля, остается основным. При реконструкции гидрогенераторов часто становится вопрос о повышении их мощности.

Объем ремонтно-восстановительных работ на действующих ГЭС отличается большим разнообразием. Причем дело здесь не только в разном состоянии оборудования на ГЭС. Одной из причин является отсутствие обоснованной оценки реального состояния оборудования, подкрепленной независимой экспертизой.

Отрицательные результаты реконструкции некоторых ГЭС вызываются многими причинами. Нарастание объема износа оборудования и отсутствие возможности его восстановления вводит электроэнергетику в зону повышенного риска технологических отказов и аварий.

Следует отметить, что на действующих ГЭС очень мало внимания уделяется экологическим вопросам. В последние годы стало очевидным, что решение вопросов реконструкции ГЭС следует увязывать с решением вопросов охраны окружающей среды.

При реконструкции плотин, как правило, существенно изменяется область взаимодействия сооружения с геологической средой. Это в сочетании с причинами реконструкции определяет задачи, объемы и методику инженерно-геологических изысканий и исследований.

Результатом первого этапа инженерно-геологических изысканий и исследований должна быть оценка инженерно-геологических условий, сформировавшихся под влиянием сооружения в период его строительства и эксплуатации. При этом может оказаться, что инженерно-геологические условия не изменились, улучшились или ухудшились.

Если анализ показывает, что инженерно-геологические условия ухудшились или ухудшаются, то необходимо выяснить причины и результаты ухудшения и дать прогноз развития процесса ухудшения и его последствий. Указанная задача решается с помощью методики и методов, регламентированных действующими нормативными документами на производство изысканий для обоснования нового строительства.

При постоянстве характеристик геологической среды (геологическое строение, гидрогеологические условия, состав и свойства грунтов до строительства сооружения и т.д.) по материалам мониторинга составляется прогноз инженерно-геологических условий участка размещения реконструируемого сооружения.

В заключение следует отметить, что замедление темпов модернизации, реконструкции, технического перевооружения, восстановительного ремонта

технологического оборудования действующих гидроэлектростанций резко снизит надежность и безаварийность работы ГЭС и других гидротехнических сооружений.

Демонтаж находящихся в аварийном и предаварийном состоянии напорных гидротехнических сооружений является одной из важных народнохозяйственных проблем, обострение которых приурочено к последнему времени.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 февраля 1999 г. № 237 было утверждено «Положение об эксплуатации гидротехнического сооружения и обеспечении безопасности гидротехнического сооружения, разрешение на строительство и эксплуатацию которого аннулировано, а также гидротехнического сооружения, подлежащего консервации, ликвидации либо не имеющего собственника».

В соответствии с этим положением, обеспечение безопасности гидротехнического сооружения, которое подлежит консервации или ликвидации, осуществляется собственником гидротехнического сооружения или эксплуатирующей организацией. Для этого требуется разрешение на консервацию или на вывод из эксплуатации гидротехнического сооружения с целью его ликвидации, а также предписание органа государственного надзора о консервации или ликвидации гидротехнического сооружения.

Для решения задачи демонтажа ГЭС и спуска водохранилищ требуется создание технологической, нормативно-правовой и нормативно-методической базы, которая на современном этапе отсутствует.

Решение этой проблемы требует укрепления системы мониторинга ГЭС, разработки типовых технических и проектных решений. Для подготовки и принятия решений о ликвидации водохранилищ необходим анализ вновь формируемой водохозяйственной и экологической ситуации, а также прогноз последствий реализации принятых решений.

3. Декларирование безопасности ГТС

В соответствии со ст. 10 Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений», на стадиях проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, вывода из эксплуатации гидротехнического сооружения, а также после его реконструкции, капитального ремонта, восстановления либо консервации собственник гидротехнического сооружения или эксплуатирующая организация составляет декларацию безопасности гидротехнического сооружения. Согласно ст. 3 Закона «О безопасности гидротехнических сооружений» **декларация безопасности гидротехнического сооружения** – документ, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения, и определяются меры по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса.

Декларирование безопасности является обязательным условием утверждения проекта гидротехнического сооружения, ввода сооружения в эксплуатацию, эксплуатации и вывода его из эксплуатации.

Основным содержанием декларации безопасности (статьи 3, 10 и 11 Закона) являются:

- инженерно-техническое обоснование безопасности гидротехнического сооружения;
- установление соответствия уровня риска аварии гидротехнического сооружения и других критериев его безопасности нормированным допустимым значениям;
- определение необходимых мероприятий, обеспечивающих безопасность этого сооружения;
- представление информации для государственной регистрации гидротехнического сооружения и выдачи разрешения на его эксплуатацию.

Декларация безопасности гидротехнического сооружения или комплекса гидротехнических сооружений представляется собственником (эксплуатирующей организацией) в орган государственного надзора для государственной экс-

пертизы и утверждения в следующих случаях:

- при проектировании гидротехнического сооружения – в период проведения государственной экспертизы проекта;

- во время строительства, реконструкции или восстановления – за 4 месяца до даты сдачи гидротехнического сооружения в эксплуатацию (в том числе – временную);

- при эксплуатации – 1 раз в 5 лет или в более короткий срок, устанавливаемый органом государственного надзора;

- при выводе из эксплуатации (консервации, ликвидации) – до получения разрешения на выполнение указанных работ, в срок, устанавливаемый органом государственного надзора.

Одной из причин аварий и разрушений энергообъектов являются землетрясения и другие геодинамические явления, такие, как современные тектонические движения приповерхностных горизонтов земной коры, оползни, обвалы, сели и др.

В связи с этим при декларировании безопасности гидротехнических сооружений возникают следующие трудности:

- требуется выполнить значительный объем проектно-изыскательских работ, дополнительных расчетов по устойчивости сооружений;

- на предприятиях отсутствуют необходимые финансовые средства для разработки и экспертизы деклараций безопасности;

- техническое состояние многих сооружений оценивается как аварийное из-за отсутствия надлежащего надзора за их состоянием и мер по своевременному устранению повреждений;

- недостаточная квалификация или вообще отсутствие эксплуатационного персонала, осуществляющего контроль технического состояния ГТС;

- отсутствие утвержденных методик по определению критериев безопасности и оценки материального ущерба от возможных аварий ГТС.

Таким образом, многие требования Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» и других законодательных актов в настоящее

время не могут быть реализованы из-за отсутствия соответствующего нормативно-методического обеспечения. В наибольшей степени это относится к гидротехническим сооружениям на водохранилищах малого объема.

В настоящее время проводится активная работа по обновлению нормативно-правовой и нормативно-методической документации, регламентирующей функционирование ГТС и оценку их состояния. Однако одним из препятствий на пути решения проблемы совершенствования нормативно-методической базы, необходимой для обеспечения безопасности ГТС, является межведомственная разобщенность. Следовательно, успешное решение целого круга задач по разработке единой нормативно-методической базы для обеспечения безопасности гидротехнических сооружений возможно лишь при объединении усилий специалистов разных ведомств и различных организаций внутри ведомств.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Аксенов С.Г. Проблемы декларирования безопасности гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. – 2001. – № 7. – С. 46-50.

2. Вода России. Экономико-правовое управление водопользованием / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 408 с.

3. Вода России. Водоохранилища / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. – 700 с.

4. Малаханов В.В. Классификация состояний и критерии эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. – 2000. – № 11. – С. 8-14.

5. Моисеев И.С. Опыт проектирования и строительства грунтовых плотин // Гидротехническое строительство. – 2000. – № 8-9. – С. 41-44.

6. Черняев А.М., Прохорова Н.Б. Водные ресурсы, их использование и охрана. – Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002. – 300 с.

Лекция 10. Урбанизация и водные ресурсы

За последние десятилетия масштабы преобразования территорий речных бассейнов и использования природных ресурсов резко возросли. Бурное развитие цивилизации сопровождается колоссальными воздействиями на природные экосистемы. В наибольшей степени негативные последствия хозяйственной деятельности проявляются в городах, где сосредоточено практически все промышленное производство и проживает более трети населения.

1. Общие представления о влиянии урбанизации на водные ресурсы

Термин «урбанизация» (от латинского **urbis** – город) появился сравнительно недавно, сразу после второй мировой войны, которая явилась еще одним толчком и для научно-технической революции, и для роста городского населения. В широком смысле этого слова урбанизация представляет собой всемирно-исторический процесс концентрации населения и интеграции разнообразных форм практической деятельности человека. В более узком смысле под урбанизацией понимают возникновение и рост городов, строительство промышленных предприятий и других объектов, изменяющих природные ландшафты и оказывающих значительное влияние на их компоненты.

Усиление степени урбанизированности, которое сопровождается ростом городского населения, развитием промышленности, энергетики, транспорта, оказывает многообразное влияние на гидрологический режим и качество природных вод. Это связано с тем, что большинство городов расположено непосредственно на берегах водоемов и водотоков.

Особую роль в развитии представлений о влиянии урбанизации на водные ресурсы сыграли работы В.В. Куприянова, И.А. Шикломанова, Б.Г. Скакальского, Р.А. Нежиховского, исследования которых позволили сделать следующие выводы.

Во-первых, урбанизация и развитие промышленности связаны с изменением условий формирования стока и всех элементов водного баланса в результате застройки и асфальтирования территорий, сооружения промышленных и коммунальных объектов, горных выработок, крупных водозаборов подземных вод и т.д.

Во-вторых, влияние урбанизированных территорий на состояние водных объектов проявляется в непосредственном изъятии воды из водоемов и сбросе использованных сточных вод.

В-третьих, многие объекты хозяйственной деятельности в урбанизированных зонах становятся источниками неорганизованного поступления различных поллютантов в водные объекты как непосредственно, так и вследствие загрязнения атмосферного воздуха.

Существенный рост антропогенных нагрузок сопровождается изменением условий формирования стока: увеличением площадей водонепроницаемой поверхности, усилением дренированности территории овражно-балочной сетью, трансформацией почвенного и растительного покровов. Это влечет за собой уменьшение аккумулялирующей емкости водосбора, замедление инфильтрации влаги в почву, сокращение времени добегающего поверхностного стока до гидрографической сети и др. В конечном итоге все это вызывает снижение паводкорегулирующей способности водосборов.

Серьезной проблемой последних десятилетий стали отходы производства и потребления. Темпы их образования и накопления очень высоки, а новые мощности по утилизации и переработке промышленных и бытовых отходов практически не создаются. Отходы производства и потребления, сконцентрированные в отвалах, полигонах, свалках, хвостохранилищах, занимают значительные площади водосборных пространств. В периоды весеннего половодья и ливневых паводков из них вымываются токсические компоненты, которые загрязняют грунтовые или поверхностные воды. В результате складирования и захоронения отходов сотни тысяч гектаров плодородных земель засыпаются отвалами и промышленными свалками, изменяется рельеф местности, характер

и структура ландшафта, гидрологический и гидрогеологический режим, состояние почвенного и растительного покрова, ухудшается качество поверхностных и подземных вод.

2. Изменение количественных показателей стока под влиянием урбанизации

Влияние урбанизации на количественные показатели стока и его распределение проявляется преимущественно в замене естественных стокообразующих факторов антропогенными. Влияние может быть как положительным, когда величина стока в силу ряда причин увеличивается, так и отрицательным, когда суммарный сток уменьшается за счет повышенной испаряемости с застроенных территорий, изменения микроклимата и формирования атмосферных осадков. По данным исследований многих авторов, сокращение поверхностного и годового стока в целом при этом может достигать 10%.

Также необходимо учесть, что в большинстве случаев в городах инфильтрация в почвогрунтах менее интенсивная, чем на окружающей неурбанизированной местности, что связано с наличием в городах непроницаемых или слабо проницаемых площадей. Препятствуют инфильтрации также подземные строения и коммуникации.

Основными причинами, снижающими инфильтрационное питание подземных вод в городах, являются следующие:

- застройка территории зданиями, сокращающими общую площадь инфильтрации атмосферных осадков;
- устройство твердых покрытий, сокращающих инфильтрацию на 95-97%;
- сбор и сброс атмосферных вод водосточными системами;
- уборка и вывоз снега за пределы города.

Поверхностный сток в городах, как правило, значительно превосходит сток с естественных ландшафтов, и гидрографы стока резко различаются (рис. 4). Гидрограф стока с урбанизированной территории характеризуется более вы-

соким максимумом, более ранними сроками начала подъема и более крутыми ветвями подъема и спада.

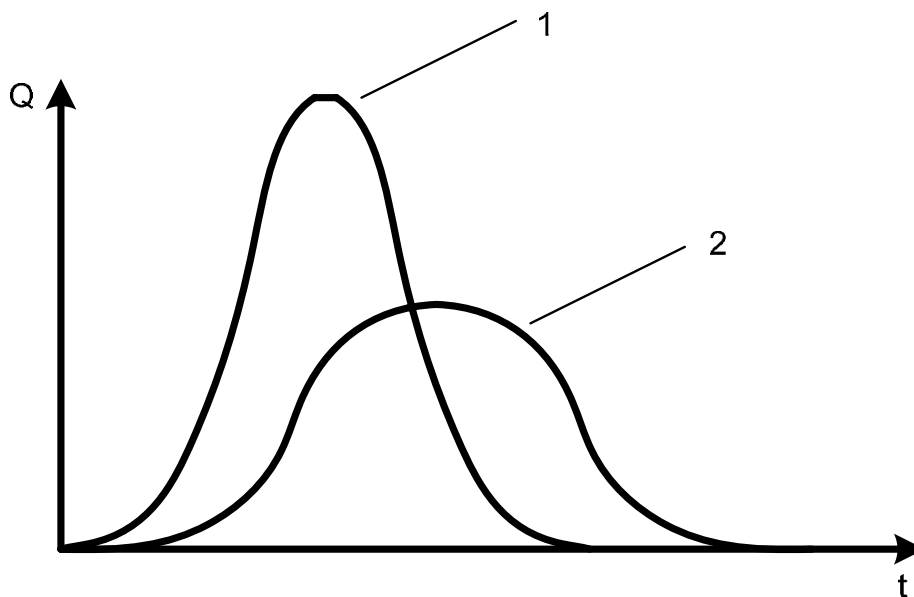


Рис.4. Гидрографы паводочного стока с урбанизированной территории (1) и с водосборов в естественных условиях (2)

Наиболее существенные изменения под воздействием урбанизации претерпевает сток средних речных бассейнов и особенно малых водотоков, расположенных непосредственно в промышленно-развитых регионах и вблизи крупных городов.

3. Основные источники загрязнения природных вод на урбанизированных территориях

Влияние урбанизации на качество природных вод обусловлено в основном сбросами загрязненных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, загрязнением атмосферных осадков, поверхностным стоком с городской территории.

Хозяйственно-бытовые сточные воды, которые сбрасываются в водные объекты вместе с промышленными стоками, как правило, составляют 15-30% от общего объема канализационных стоков. В литературе имеются данные о

высокой степени корреляции численности городского населения с содержанием в речных водах растворенных соединений азота и фосфора, а также БПК.

Несмотря на сокращение объемов сброса сточных вод, наблюдающееся в последнее десятилетие в связи со спадом производства, уровень загрязненности поверхностных вод большинства водных объектов не снижается. В некоторых регионах России загрязненность окружающей среды увеличивается. Как правило, это происходит из-за снижения технического уровня производства, износа технологического оборудования и сокращения капитальных затрат на природоохранные мероприятия.

В последние годы ухудшение качественных показателей водоемов и водотоков во многом связано с поступлением в гидрографическую сеть загрязняющих веществ неорганизованным путем (с поверхностным стоком). Поверхностный сток с урбанизированных территорий формируется в результате поступления поливочно-моечных вод и выпадения атмосферных осадков.

В целом для малых и средних городов объемы поверхностного стока находятся в пределах от нескольких тысяч м³ до 25 млн м³ в год, для крупных городов – 40-50 млн м³, а в крупнейших достигают 200 млн м³.

Поверхностный сток, поступающий через уличные ливнеспуски, до недавнего времени относился к категории условно чистых вод и поэтому сбрасывался в водные объекты без очистки. По этой же причине ливневая канализация большинства городов России развита слабо. Даже в наиболее крупных городах ливневой канализацией охвачены незначительные площади селитебных территорий. Характерным для ливневой канализации городов является наличие большого числа отдельных коллекторов, не объединенных в системы и имеющих самостоятельные выпуски в водоприемники. Рассредоточенность ливневых выпусков затрудняет в настоящее время сбор и очистку поверхностного стока с городской территории.

Состав поверхностного стока с застроенной территории характеризуется высокой концентрацией взвешенных веществ (поступающих за счет смыва аэрозолей, продуктов разрушения почвы, покрытий), азота и фосфора общего,

нефтепродуктов (попадающих в результате смыва с проезжей части улиц загрязнений от автотранспорта), СПАВ, органических соединений. Наряду с этим отмечается значительная бактериальная загрязненность талых и ливневых вод. По имеющимся в литературе данным, годовое поступление загрязнений с поверхностным стоком с территорий населенных пунктов в среднем составляет по взвешенным веществам – 77, по ХПК – 33, БПК и фосфатам – 20% от их количества, поступающего с неочищенными коммунальными сточными водами (табл. 4).

Таблица 4

Вынос загрязняющих веществ талыми снеговыми и дождевыми водами с территории г. Курска, кг/(год*га)

Вид территории	Азот мин.	Фосфор мин.	Фосфор общ.	Калий	ХПК	Минеральные	Свинец
Индивидуальная застройка	0,80	0,11	0,24	22,9	21,6	984	0,02
Старая коммунальная застройка	2,18	0,47	0,95	25,0	42,5	763	0,10
Новая коммунальная застройка	0,93	0,46	0,98	25,2	77,5	1045	0,10
Асфальтированная территория с интенсивным транспортным движением	2,59	0,28	0,94	69,2	464	2730	0,18

В целом талые снеговые воды более загрязнены, чем дождевые. О соотношении загрязняющих веществ в них можно судить по данным, приведенным в табл. 5:

Отрицательное влияние поверхностного стока на состояние водных объектов проявляется прежде всего в пиковых нагрузках, когда за короткий промежуток времени сбрасывается большое количество загрязняющих веществ.

Степень загрязненности поверхностного стока с территории населенных пунктов зависит от многих факторов: количества накопленных веществ на тер-

ритории, количества и интенсивности осадков, их продолжительности, уклона местности, почвенного покрова.

Таблица 5

Концентрация растворенных загрязняющих веществ в талых снеговых (числитель) и дождевых (знаменатель) водах с территории г. Курска, мг/дм³

Вид застройки	Азот мин.	Фосфор мин.	Фосфор общ.	Калий	ХПК	БПК ₅	Перманг. окисл-ть	Нефте-продукты	Мин. соли
Индивидуальная застройка	<u>2,84</u>	<u>0,29</u>	<u>0,68</u>	<u>8,3</u>	<u>80,4</u>	<u>29,0</u>	<u>31,6</u>	<u>0,14</u>	<u>306</u>
	0,66	0,09	0,18	6,1	22,2	13,2	12,7	0,01	266
Старая коммунальная застройка	<u>1,58</u>	<u>0,57</u>	<u>1,17</u>	<u>10,7</u>	<u>72,4</u>	<u>29,0</u>	<u>33,1</u>	<u>1,98</u>	<u>336</u>
	1,66	0,28	0,56	6,4	126	47,2	74,8	0,24	254
Новая коммунальная застройка	<u>0,83</u>	<u>0,46</u>	<u>1,08</u>	<u>5,1</u>	<u>62,5</u>	<u>36,6</u>	<u>33,7</u>	<u>4,00</u>	<u>306</u>
	0,67	0,32	0,64	7,0	85,8	29,4	47,4	0,15	282
Асфальтированная территория с интенсивным транспортным движением	<u>1,56</u>	<u>0,16</u>	<u>0,58</u>	<u>10,6</u>	<u>76,5</u>	<u>21,8</u>	<u>19,9</u>	<u>0,17</u>	<u>926</u>
	1,63	0,61	1,22	15,0	151	40,8	76,8	0,20	399

На загрязненность поверхностного стока влияют такие факторы, как благоустройство территории, плотность населения, интенсивность движения транспорта и т.д.

Особую роль в загрязнении гидросферы и атмосферного воздуха на урбанизированных территориях играют промышленные предприятия.

Воздействие **промышленных предприятий** на окружающую среду обусловлено значительными объемами атмосферных выбросов, производственного водопотребления, сбросов сточных вод. Особенно напряженной остается обстановка в тех промышленных центрах и городах, где сосредоточены крупные предприятия и автомобильный транспорт.

Количество загрязняющих веществ в промышленных сточных водах определяется технологическими процессами производства, наличием оборотных систем водообеспечения, эффективностью локальных систем очистки.

Сток, формирующийся **на промышленных площадках** в периоды снеготаяния и дождевых паводков, может оказывать существенное влияние на качество воды водных объектов. Качественный состав стоков, формирующихся на территориях промышленных площадок, определяется рядом факторов, главными из которых являются: вид промышленного производства, состояние поверхности территории, состав атмосферного воздуха и осадков, способы организации складирования продукции и полуфабрикатов, их транспортировки и хранения.

Анализ имеющихся в литературе данных показывает, что основным источником загрязнения поверхностного стока, формирующегося на промышленных площадках, являются продукты эрозии почвогрунтов, пыль, строительные материалы, сырье, полуфабрикаты, выбросы в атмосферу, а также нефтепродукты, попадающие в результате разлива и неисправности автотранспорта и т.д.

Талые воды выносят с промышленных площадок накопившиеся за зимний период загрязняющие вещества, поэтому состав таких вод за период снеготаяния меняется незначительно. Концентрация загрязняющих веществ в водах дождевого стока во многом определяется составом атмосферных осадков и интенсивностью их выпадения. Как правило, концентрация примесей уменьшается от начала к концу дождя. Снижение концентрации тем заметнее, чем больше продолжительность и слой осадков и выше интенсивность в начальный период дождя. Наиболее существенно изменяются такие показатели, как содержание взвешенных веществ, ХПК, БПК, их значения могут уменьшаться от начала к концу стока в несколько раз.

Концентрация примесей в талых водах неорганизованного стока обычно выше, чем в дождевых водах. Средние концентрации взвешенных веществ в водах дождевого стока различных предприятий изменяются в пределах от 500 до 2000 мг/л, нефтепродуктов – от 10 до 30 мг/л. ХПК и БПК фильтрованных проб варьируют соответственно от 100 до 150 мг/л и от 20 до 30 мг/л. Сухой остаток составляет 600-800 мг/л, а прокаленный – 400-500 мг/л.

Средние показатели загрязнения талых вод с территорий промышленных предприятий: концентрация взвешенных веществ составляет 2-5 г/л; нефтепродуктов – 20-30 мг/л; ХПК – 100-150 мг/л; БПК – 30-50 мг/л; сухой остаток – 400-600 мг/л, а прокаленный – 100-150 мг/л.

Одним из основных методов предотвращения поступления поверхностного стока с территорий промышленных площадок в водные объекты является **использование замкнутых систем водопользования**. На практике сбор и очистка поверхностного стока в основном осуществляется на предприятиях, водное хозяйство которых отличается высоким водопотреблением, оборотным использованием воды и наличием накопительных и отстойных сооружений большой емкости. Поверхностный сток, как правило, подвергается очистке совместно с производственными сточными водами.

В зависимости от состава примесей в стоках промышленные предприятия могут быть разделены на 2 группы.

К первой группе относят промышленные площадки предприятий, поверхностный сток с которых не содержит специфических веществ с токсичными свойствами. При выполнении мер по улучшению санитарного состояния территорий по своему химическому составу он близок к поверхностному стоку с селитебных зон. К таким предприятиям можно отнести предприятия легкой, пищевой, машиностроительной, электротехнической, угольной промышленности, приборостроения и ряда других. Основными загрязняющими веществами стока с территорий предприятий перечисленных отраслей являются взвешенные вещества, нефтепродукты, минеральные соли и органические примеси естественного происхождения.

Ко второй группе можно отнести предприятия, на которых на современном этапе не представляется возможным в полной мере исключить поступление в сток специфических примесей с токсичными свойствами или большое количество органических примесей, обуславливающих высокие величины БПК и ХПК. Это предприятия цветной металлургии, нефтехимии, коксохимической, лесохимической промышленности. Поверхностный сток с территорий предпри-

ятий этой группы не может быть использован для замкнутых систем водоснабжения.

Несмотря на различия в химическом составе поверхностных вод, формирующихся на территориях промышленных площадок различных предприятий, в общем случае загрязненность вод поверхностного стока во многом определяется санитарным состоянием их территорий и воздушного бассейна.

Таким образом, мероприятия по предотвращению поступления загрязненного поверхностного стока с промышленных площадок в водные объекты можно разделить на две группы:

во-первых, это мероприятия, направленные на аккумуляцию поверхностного стока, его очистку и использование для технологических нужд;

во-вторых, мероприятия по улучшению санитарной обстановки на территориях предприятий, которые способствуют уменьшению его загрязненности.

В последние годы в крупных городах все более обостряются проблемы обеспечения доброкачественной питьевой водой, развития централизованного водоснабжения, улучшения санитарно-технического состояния водопроводных сооружений и сетей. В настоящее время около 50% населения России потребляет воду, не отвечающую санитарно-гигиеническим требованиям. С каждым годом увеличивается заболеваемость населения, связанная с потреблением некачественной воды.

В условиях существенного роста антропогенных нагрузок на водосборы речных бассейнов в последние годы особую остроту приобрела проблема ухудшения состояния подземных вод. Источниками их загрязнения являются места хранения и транспортировки промышленной продукции и отходов производства и потребления, промышленные площадки предприятий, сельскохозяйственные угодья, на которых применяются удобрения и пестициды, объекты животноводства, буровые скважины и другие горные выработки.

Таким образом, **урбанизация** приводит к изменению величины стока, нарушению гидрохимического и гидрологического режимов водных объектов,

ухудшению качества поверхностных вод, перестройке структуры водных биоценозов. В целом сток с урбанизированной территории в количественном и качественном отношении резко отличается от стока с естественных водосборов. Это касается объемов годового стока, его внутригодового распределения, максимальных и минимальных расходов воды, соотношения между поверхностной и подземной составляющими стока.

Одним из условий оздоровления экологической обстановки на урбанизированных территориях и сохранения их природно-ресурсного потенциала является разработка действенной нормативно-правовой и нормативно-методической базы документов в сфере использования и охраны не только водных объектов, но и их водосборных территорий. Прежде всего, это касается разработки нормативных документов, обеспечивающих возможность реализации на практике основных положений Федерального закона Российской Федерации «Об охране окружающей среды», Водного кодекса и других федеральных и областных законов в сфере природопользования.

Для поддержания стокорегулирующей роли водосборных территорий, а следовательно, предупреждения (снижения) вредного воздействия вод, защиты водных объектов от загрязнения, заиления и истощения необходимо совершенствование системы регулирования хозяйственной деятельности, а также разработка комплекса организационно-хозяйственных мероприятий и инженерно-технических средств с более полным учётом местных рельефных, климатических и геолого-гидрологических условий.

Необходимо прогнозировать степень воздействия хозяйственных и водоохраных мероприятий на все компоненты природной среды: почвенный покров, водотоки и водоемы, наземные и водные биоценозы, природные и природно-антропогенные ландшафты прилегающих территорий. Особое внимание следует уделить разработке научно-обоснованных нормативов антропогенного воздействия на водосборы водных объектов, а также реализации мер, направленных на защиту и восстановление малых рек как естественных источников формирования режима и ресурсов больших рек.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Барымова Н.А., Чернышев Е.П. Состав поверхностного стока с городской территории и качество поверхностных вод // Взаимодействие хозяйства и природы в городских и промышленных геосистемах. – М., 1982. – С. 31-45.
2. Влияние урбанизации на гидрологический режим и качество воды: Методическое пособие. – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – 63 с.
3. Куприянов В.В. Гидрологические аспекты урбанизации (Гидрология городов и урбанизированных территорий). – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 183 с.
4. Молоков М.В., Шифрин В.Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок.– М.: Стройиздат, 1977. – 104 с.
5. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 229 с.
6. Пряжинская В.Г. Современные методы управления качеством речных вод урбанизированных территорий // Водные ресурсы. – 1996. – Т. 23. – №2. – С. 168-175.
7. Черногаева Г.М. Влияние урбанизации на качество поверхностного стока с территории города // Географические аспекты исследований и использования водных ресурсов в СССР. – М., 1982. – С.149-162.
8. . Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 334 с.
9. Яковлев С.В., Нечаев А.П., Натальчук С.М., Мясникова Е.В. Инженерно-экологические проблемы водоснабжения России на пороге 21 века // Инженерная экология. –1996. –№2. – С.119-132.

Лекция 11. Проблемы рационального природопользования на водосборных территориях

Водосбор является неотъемлемой частью геоэкосистемы речного бассейна, развитие которой определяется системой энергетически сопряженных динамических процессов. Преобразование водосборных пространств под воздействием их антропоизации приводит к трансформации не только геоэкосистемы водосбора, но и в целом речных систем, а именно: к изменению величины стока, нарушению гидрохимического и гидрологического режимов водных объектов, ухудшению качества поверхностных вод, перестройке структуры водных биоценозов.

В связи с ухудшением состояния водных объектов под влиянием существенного роста антропогенных нагрузок на речные бассейны возникла необходимость сконцентрировать внимание **на проблемах водосбора**, поскольку именно там начинается формирование поверхностных и подземных вод, и закладываются основы их качественного состава.

Как известно, гидрологический и гидрохимический режимы водных объектов, а также качество природных вод в значительной степени определяются состоянием водосборных территорий. В связи с этим в последние годы назрела острая необходимость разработки экологически оптимальных методов хозяйственной деятельности и выработки стратегии управления водными ресурсами мероприятиями на водосборе, направленность которых не противоречит принципам, лежащим в основе функционирования природных ландшафтов.

1. Деграция водосбора

Активизация хозяйственной деятельности на водосборах водотоков и водоемов, которая сопровождается крупномасштабными воздействиями на природные комплексы, ведет к неблагоприятным изменениям в окружающей природной среде и наносит ей огромный ущерб.

Вырубка лесов, распашка земель, осушение болот и переувлажненных земель, рост урбанизированности, развитие промышленности и другие виды хозяйственной деятельности приводят к изменению характера подстилающей поверхности, перестройке природных ландшафтов, загрязнению почвенного покрова, а следовательно, разрушению геозкосистем. Этот факт вынуждает характеризовать современное состояние водосборов как «**деградацию**», т.е. постепенное ухудшение, упадок, снижение качества (от лат. «**degradation**» – снижение). Риски, возникающие вследствие деградации водосборных пространств, в зависимости от генезиса и объекта воздействия можно разделить на **три** основные группы:

- **риски**, связанные с усилением вредного воздействия вод (учащение наводнений, оползни, активизация эрозионных процессов, подтопление городов и т.д.);

- **риски**, связанные с ухудшением гидрологического режима водосборных территорий (ухудшение агрогидрологического режима почв, опустынивание, заболачивание, истощение малых водотоков);

- **риски**, связанные с загрязнением водосборных территорий продуктами техногенеза, представляющими угрозу для качества поверхностных и подземных вод.

В последние десятилетия деградация водосборных территорий вследствие усиления антропогенных нагрузок приводит к снижению стокорегулирующей способности водосборов. Это проявляется в перераспределении склонового и подземного стока, увеличении расходов воды в период половодья и уменьшении в период межени. Нарушение гидрологического режима водосборных территорий может также сопровождаться их заболачиванием, опустыниванием и истощением малых водотоков.

По масштабам воздействия и степени распространения существенную роль играют эрозионные процессы. Активизация эрозионных процессов, наблюдающаяся в последние годы, обусловлена нерациональным использованием земельных угодий, а также резким снижением объема противоэрозионных и

почвозащитных мероприятий.

Эрозионные процессы приводят к ухудшению экологической обстановки в речных бассейнах в связи с аккумуляцией продуктов смыва в гидрографической сети. Наносы, откладываясь в руслах рек, ухудшают русловые процессы, ускоряют заиление прудов, водохранилищ и особенно малых рек. С продуктами эрозии в водные объекты поступает значительное количество биогенных веществ, что приводит к усилению процессов антропогенного евтрофирования.

Хозяйственная деятельность на водосборах неизбежно сопровождается увеличением содержания в почве различных поллютантов техногенного происхождения, таких как минеральные соединения, органические и металлоорганические соединения, а также радиоактивные вещества.

По мере возрастания загрязненности почв постепенно уменьшается их естественная способность к самоочищению, что приводит к загрязнению других компонентов экосистем, в том числе и водных объектов. Уровень загрязненности поверхностных вод большинства водных объектов не снижается, несмотря на то, что в связи со спадом промышленного производства объемы сброса сточных вод значительно сократились.

В последние годы ухудшение качественных показателей природных вод в значительной степени связано с диффузным поступлением в гидрографическую сеть загрязняющих веществ (от различных объектов, рассредоточенных по водосборным территориям).

Установлено, что для многих речных бассейнов доля неорганизованных сбросов, формирующихся на водосборных территориях, составляет более половины в загрязнении водных объектов.

Значительный вклад в диффузное загрязнение водных объектов вносят сельскохозяйственные угодья (в основном за счёт выноса биогенных и взвешенных веществ). Особенно это касается регионов с высокой степенью сельскохозяйственной освоенности, как правило, расположенных в лесостепной и степной зонах. Вклад сельскохозяйственной составляющей в загрязнение речных бассейнов биогенными веществами в этих зонах может достигать более

90% от их общей массы.

Даже в лесной зоне, где сельскохозяйственная освоенность незначительная, поступление питательных веществ с сельскохозяйственных угодий вносит существенную лепту в загрязнение водных объектов. К примеру, выявление вклада сельскохозяйственных нагрузок в загрязнение р. Туры и ее притоков показало, что с сельскохозяйственных угодий, расположенных в этом речном бассейне, в водные объекты в среднем за год поступает 57% азота и 33% фосфора от общего их количества, обусловленного хозяйственной деятельностью.

На современном этапе социально-экономического развития России продолжается углубление экологических проблем, связанных с усилением эрозии, дегумификацией, переуплотнением и повышением кислотности почв. В результате обострения этих проблем наблюдается катастрофическое снижение почвенного плодородия, а следовательно, резкое сокращение продуктивности агроценозов. Деградация почвенного покрова отражается и на формировании природных водных ресурсов и их качественных характеристиках. Ухудшение физико-химических свойств почв в результате активизации хозяйственной деятельности на водосборах приводит к нарушению процессов перераспределения влаги в речных бассейнах. Снижается способность почв задерживать и трансформировать загрязняющие вещества, что способствует их выносу в водные объекты.

Основными причинами возникновения этих проблем являются:

- отсутствие научно-обоснованной нормативно-правовой базы регламентации антропогенных нагрузок на речные бассейны;
- слабая координация между землепользованием и водопользованием;
- недостаточный учет региональных природно-климатических особенностей;
- экстенсивное использование земельного фонда;
- существенное сокращение объемов агромелиоративных мероприятий.

Таким образом, современное состояние водосборов требует совершенствования механизмов регулирования хозяйственной деятельности. Они должны

быть нацелены на снижение негативных антропогенных воздействий, а также восстановление чистоты и стокорегулирующей роли водосборных территорий.

2. Комплекс водоохранных мероприятий по предотвращению загрязнения водных объектов неорганизованным стоком с водосборной территории

В условиях усиления антропогенного воздействия на водосборные площади возрастает негативное влияние на водные объекты неорганизованного стока. В связи с этим возникает необходимость поиска более эффективных водоохранных мероприятий, в основу которых должно быть положено полное очищение или максимально возможное уменьшение степени загрязнения водоемов и водотоков и полное прекращение сброса неочищенных стоков в водоемосточники.

При разработке водоохранных мероприятий стремятся решить главным образом две задачи:

- уменьшить объем поступления поверхностного стока в водные объекты;
- максимально снизить концентрацию загрязняющих веществ в стоке.

Для достижения этих задач используются различные пути, **основными** из которых являются:

- преобразование поверхностного стока в почвенно-грунтовый путем повышения инфильтрационной способности почв;
- повышение водопоглотительной способности почвы и ее противозерозионной устойчивости;
- задержание атмосферных осадков на месте их выпадения с полным или частичным прекращением поверхностного стока;
- создание искусственной водорегулирующей сети;
- очистка загрязненного поверхностного стока;
- повышение коэффициентов использования питательных элементов из почвы и удобрений.

Как правило, целесообразным является совместное использование этих путей предотвращения загрязнения водных объектов поверхностным стоком, однако, в зависимости от конкретных природных и хозяйственных условий, каждый из них может играть ведущую или подчиненную роль.

При защите водных объектов от загрязнения стоком с водосборной территории предпочтение следует отдавать мероприятиям многоцелевого назначения. Важными критериями являются также такие показатели, как скорость осуществления мероприятий, минимальные капиталовложения и др.

Мероприятия по снижению неорганизованного поступления загрязняющих веществ в водные объекты подразделяются на организационно-хозяйственные, агротехнические и агрохимические, лесомелиоративные, гидротехнические и биологические.

Организационно-хозяйственные мероприятия

Под **организационно-хозяйственными мероприятиями** на водосборах подразумевается планирование осуществления хозяйственной деятельности с учетом возможного загрязнения водотоков и водоемов. К примеру, важнейшими условиями уменьшения выноса загрязняющих веществ с сельскохозяйственных водосборов являются: повышение общего уровня сельскохозяйственного производства и строгое соблюдение научно обоснованной технологии применения удобрений. При этом должны учитываться оптимальные дозы, соотношения, формы, сроки и способы внесения в соответствии с биологическими особенностями растений, природно-климатическими условиями зоны и уровнем планируемого урожая.

Важным организационно-хозяйственным мероприятием является создание **водоохранных зон и прибрежных защитных полос**.

Согласно статье 65 Водного кодекса Российской Федерации, **водоохранными зонами** являются территории, которые примыкают к береговой линии морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ. На них устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов

и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира.

В границах водоохранных зон устанавливаются **прибрежные защитные полосы**, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности.

Ширина водоохранной зоны морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и ширина их прибрежной защитной полосы за пределами территорий городов и других поселений устанавливаются от соответствующей береговой линии.

Ширина водоохранной зоны рек или ручьев устанавливается от их истока для рек или ручьев протяженностью:

- до десяти километров – в размере пятидесяти метров;
- от десяти до пятидесяти километров – в размере ста метров;
- от пятидесяти километров и более – в размере двухсот метров.

Для реки, ручья протяженностью менее десяти километров от истока до устья водоохранная зона совпадает с прибрежной защитной полосой. Радиус водоохранной зоны для истоков реки, ручья устанавливается в размере пятидесяти метров.

Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища, за исключением озера, расположенного внутри болота, или озера, водохранилища с акваторией менее 0,5 квадратного километра, устанавливается в размере пятидесяти метров.

Ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в зависимости от уклона берега водного объекта и составляет тридцать метров для обратного или нулевого уклона, сорок метров для уклона до трех градусов и пятьдесят метров для уклона три и более градуса.

Для расположенных в границах болот проточных и сточных озер и соответствующих водотоков ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в размере пятидесяти метров.

Ширина прибрежной защитной полосы озера, водохранилища, имеющих особо ценное рыбохозяйственное значение (места нереста, нагула, зимовки рыб

и других водных биологических ресурсов), устанавливается в размере двухсот метров независимо от уклона прилегающих земель.

На территориях поселений при наличии ливневой канализации и набережных границы прибрежных защитных полос совпадают с парапетами набережных. Ширина водоохранной зоны на таких территориях устанавливается от парапета набережной. При отсутствии набережной ширина водоохранной зоны, прибрежной защитной полосы измеряется от береговой линии.

В границах водоохранных зон запрещаются:

- 1) использование сточных вод для удобрения почв;
- 2) размещение кладбищ, скотомогильников, мест захоронения отходов производства и потребления, радиоактивных, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ;
- 3) осуществление авиационных мер по борьбе с вредителями и болезнями растений;
- 4) движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие.

В границах прибрежных защитных полос наряду с ограничениями, указанными выше, запрещаются:

- 1) распашка земель;
- 2) размещение отвалов размываемых грунтов;
- 3) выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей, ванн.

Агротехнические мероприятия

В системе мероприятий по защите водных объектов от загрязняющих веществ, поступающих с водосборов, ведущее место принадлежит **агротехническим приемам**. Не требуя больших затрат труда и средств, они являются наиболее простыми, доступными и высокоэффективными, позволяющими не только уменьшить сток воды и смыв почвы, но и повысить продуктивность возделываемых культур.

Комплекс агротехнических приемов должен быть направлен на задержание стока талых и ливневых вод, перевод его во внутрисочвенный и грунтовый, аккумуляцию влаги в почве, а также снижение эрозионных процессов.

К обычным агротехническим мероприятиям относят все виды вспашек, кроме специальных, почвозащитные севообороты, узкорядный посев поперек склонов, перекрестный посев. Под специальными агротехническими приемами понимают почвозащитные мероприятия, связанные с поделкой неровностей (щелеванием, лункованием, бороздованием), почвоуглублением, накоплением и перераспределением снега, а также регулирование снеготаяния (зачернение, уплотнение, разрушение ледяной корки).

На землях, которые подвержены эрозии в слабой степени, для регулирования поверхностного стока и предотвращения эрозии достаточно простейших агротехнических мероприятий, основными из которых являются: глубокая вспашка, вспашка и рядовой посев поперек склона, обвалование зяби и т.д. На почвах, подверженных эрозии в средней степени, кроме вышеперечисленных мероприятий, необходимо на посевах пропашных культур поперек склона провести прерывистое бороздование, сделать валики, а для предотвращения поступления в водотоки ливневого стока – водоотводящие борозды.

Система почво-водоохранных мероприятий в зоне избыточного увлажнения должна включать кроме оптимального регулирования водного режима ряд специальных водозащитных приемов, направленных на уменьшение поверхностного стока ускорение просачивания влаги в почву. Для этого используются агротехнические и лесомелиоративные мероприятия.

В таежной зоне необходимо вводить мероприятия, направленные на снижение кислотности почв и снижение миграционной способности химических элементов. Этого можно достичь за счет химической мелиорации (известкование, мелование почв, внесение доломитовой муки, мергеля).

На территории степной и лесостепной зон Российской Федерации эрозия проявляется как при снеготаянии, так и при выпадении ливневых осадков, что существенно осложняет разработку практических мер по предотвращению эро-

зии. В зоне лесостепи также необходимо применение специальных водозащитных мероприятий, направленных на задержание и сохранение выпавших осадков и частичный их отвод. Лесостепная зона характеризуется достаточно высоким процентом овражно-балочных земель, поэтому основными водоохранными мероприятиями являются лесомелиоративные и агротехнические, наложенные на организационно-хозяйственные. Причем, при выборе мероприятий и особенно севооборотов необходимо учитывать уклон местности. На пологих участках склонов мероприятия по регулированию процессов снеготаяния должны быть направлены на его ускорение, а на крутых отрезках склонов – на максимальную задержку снеготаяния.

В степной зоне, характеризующейся недостаточным увлажнением, водозащитными мероприятиями на распаханых территориях являются агротехнические и лесотехнические. Следует отметить, что из-за сухости в почве замедлена минерализация органики, поэтому, благодаря гуминовым кислотам, почвы, характерные для этой зоны, наиболее устойчивы к проявлению водной эрозии. Первостепенное значение приобретают меры по защите почв и водных объектов от ветровой эрозии.

В тех случаях, когда организационно-хозяйственные, агротехнические и лесомелиоративные мероприятия не обеспечивают защиту почв от эрозионных процессов, для снижения и задержания склонового стока на водосборах применяют **гидротехнические мероприятия**: распылители стока, водоотводящие каналы для перехвата и отвода стока талых и дождевых вод и т.д. Одним из эффективных водоохранных мероприятий при сельскохозяйственном использовании водосборов является создание прудов и водохранилищ, в которых аккумулируется значительная часть поступающих с водосбора органических и минеральных веществ, а также твердых взвесей.

Агрохимические мероприятия

В последние десятилетия во многих странах ученые занимаются поиском альтернативных систем земледелия, не влекущих за собой загрязнения почв,

сельскохозяйственной продукции и природных вод, а также работают над созданием концептуальной основы экологизации земледелия.

С 70-х годов 20 века в США и других развитых государствах широкое распространение получило органо-биологическое направление, называемое также органическим, экологическим, альтернативным. Эта система земледелия исключает применение синтетических минеральных удобрений, пестицидов и регуляторов роста. Главное внимание в ней уделяется системе чередования культур и обработке почвы, максимальному использованию растительных остатков, органических отходов, зеленых удобрений и бобовых культур, биологическим методам защиты культурных растений от вредителей, болезней и сорняков, созданию в почве благоприятных условий для жизнедеятельности полезных микроорганизмов. Однако недостатком такой системы является падение искусственного плодородия, а следовательно, существенное снижение урожайности культур.

Выдвигаются и компромиссные предложения, так называемые концепции экологически и экономически обоснованного, или интегрированного землепользования. Авторы этих концепций не исключают возможность использования минеральных удобрений и других агрохимикатов, но выдвигают весьма строгие биологически обоснованные нормативные требования к их дозам, формам, срокам и способам внесения; настаивают на введении в севооборот полей с многокомпонентными травосмесями и минимизации обработки почв.

Важнейшими условиями уменьшения выноса загрязняющих компонентов в природные воды является повышение общего уровня сельскохозяйственного производства, строгое соблюдение регламентов хранения и транспортировки удобрений, выполнение научно обоснованных технологий их применения с учетом оптимальных доз, соотношений, форм, сроков и способов внесения в соответствии с биологическими особенностями сельскохозяйственных культур и экологическими требованиями. Необходимо стремиться к созданию положительного баланса между оттоком питательных элементов, выносимых из агроэкосистемы с урожаем или животноводческой продукцией, и их поступлением

за счет биологической азотфиксации, внесения органических и минеральных удобрений.

Улучшение агрохимических и агрофизических свойств почв под влиянием минеральных и органических удобрений, в свою очередь, обеспечивает улучшение условий роста и развития сельскохозяйственных культур, защищая поверхность почвы от ударного воздействия капель дождя и тем самым снижающих развитие эрозионных процессов. Вследствие этого также уменьшается поверхностный сток со склонов, что снижает вероятность проявления негативных процессов на водосборах. При оптимальных дозах азотных удобрений наблюдается уменьшение вымывания азота вследствие стимулирования роста растений и повышения синтезирующей способности их корневых систем.

Следовательно, резкое снижение внесения доз удобрений из-за финансовых трудностей в условиях кризисного состояния агропромышленного комплекса является негативной тенденцией не только с точки зрения снижающегося почвенного плодородия, но и с позиции воздействия земледелия на водные ресурсы, поскольку это приводит к ухудшению структуры почв и усилению ее эродированности. В связи с этим отказ от применения удобрений не может рассматриваться как способ решения проблем, связанных с защитой водных объектов от загрязнения сельскохозяйственными стоками.

Вместе с тем, при использовании удобрений для предотвращения негативных последствий необходимо строгое соблюдение всех экологических требований, регламентирующих их виды и дозы, сроки и способы внесения, технологии хранения и т.д. Основополагающими из этих требований являются:

- запрет на внесение любых видов удобрений, в том числе и органических, по снежному покрову или на замерзшую почву;
- внесение основных доз азотных удобрений под предпосевную обработку, а на посевах озимых и многолетних трав – при весенней подкормке;
- соблюдение оптимальных соотношений между элементами питания растений в составе вносимых удобрений;

- недопустимость применения доз азотных удобрений свыше 120 кг/га под зерновые и свыше 150 кг/га под пропашные культуры;

- применение локальных способов внесения удобрений; внесение их преимущественно в зону корневого питания;

- использование минимально подвижных форм азотных удобрений; применение ингибиторов нитрификации и гранулированных удобрений пролонгированного действия;

- известкование и фосфоритование кислых почв;

- применение естественных органических удобрений (навоз, торф, различные компосты, сидераты).

Таким образом, при внесении органических и минеральных удобрений улучшается питательный режим почв, лучше развиваются надземная и корневая массы растений, в результате чего уменьшаются сток воды, смыв почвы и повышается урожай сельскохозяйственных культур. Поэтому отсутствие возможности внесения полноценных и оптимальных доз удобрений сельскохозяйственными предприятиями вследствие их высокой стоимости является в целом негативной тенденцией не только с позиции поддержания почвенного плодородия, но и с точки зрения защиты водных объектов. Чтобы свести к минимуму негативные проявления химизации сельского хозяйства, приемы агрохимической мелиорации почв должны быть направлены главным образом на ускорение усвоения растительностью элементов питания из удобрений. Разработка приемов снижения непроизводительных потерь питательных веществ из почв, повышение эффективности удобрений имеет важное значение не только с экономической, но и с экологической точки зрения.

Таким образом, основой экосистемного водопользования и землепользования должны быть меры по поддержанию сбалансированности между природно-климатическим потенциалом территории и степенью антропогенного воздействия.

Применение специальных водоохраных мероприятий целесообразно в тех случаях, когда созданные в речном бассейне благоприятные условия для

эффективного использования водосборов не обеспечивают нормативного качества вод.

3. Проблемы регулирования хозяйственной деятельности на водосборных территориях

В настоящее время в недостаточной степени используются административно-правовые меры регулирования хозяйственной деятельности на водосборных территориях. Отсутствует информационная база, необходимая для управления антропогенной деятельностью, а также не осуществляется должным образом координация между водопользованием и использованием другими природными ресурсами, в частности землепользованием.

Имеющаяся нормативно-методическая документация по регулированию хозяйственной деятельности на водосборных территориях является крайне недостаточной для эффективной защиты водных объектов. До сих пор отсутствуют научно-обоснованные нормативы антропогенных воздействий на водосборы рек и водоемов, не выработан механизм экономической заинтересованности природопользователей в поддержании устойчивости природно-антропогенных систем, недостаточно используются административно-правовые меры.

Одним из основных направлений совершенствования политики управления рисками, сопряженными с деградацией водосборов, является разработка нормативов предельно-допустимых нагрузок на речные ландшафты.

Вопросы, связанные с нормированием предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты, должны решаться в комплексе с вопросами нормирования хозяйственной деятельности на водосборные территории. При этом должен быть рассмотрен целый круг аспектов, а не только нормирование «предельно допустимой массы вредных веществ, которая может поступить в водный объект и на его водосборную площадь».

Особое внимание при этом должно быть уделено экологически обоснованному использованию пойменных участков. Важнейшими элементами управления рисками должны быть:

- зонирование территорий по степени опасности;
- организация их хозяйственного освоения на основе дифференцированного подхода;
- ведение комплексного экологического мониторинга с учетом потенциально-опасных явлений.

Одним из наиболее важных аспектов является совершенствование нормативно-правовой и инструктивно-методической базы в области охраны водосборов. При разработке нормативно-методического обеспечения для регулирования хозяйственной деятельности на водосборах необходим более полный учёт местных рельефных, климатических и геолого-гидрологических условий.

Необходима разработка нормативно-правовых актов и инструктивно-методических документов по регулированию неорганизованного стока на водосборных территориях. Управление диффузным поступлением загрязняющих веществ должно осуществляться в первую очередь с помощью организационных, нормативно-правовых и экономических механизмов, стимулирующих водопользователей внедрять природоохранные мероприятия. Рекомендации по использованию того или иного комплекса мероприятий должны разрабатываться с учётом природно-климатических условий, а также особенностей хозяйственной деятельности на водосборе.

Очевидно, для решения проблемы регулирования хозяйственной деятельности на водосборах целесообразно ориентироваться на имеющийся опыт тех государств, в которых используется широкий комплекс разнообразных мер по экономическому стимулированию рационального природопользования, а также управленческих механизмов, нацеленных на повышение заинтересованности водопользователей в снижении вредных воздействий на окружающую среду.

Для повышения устойчивости агроландшафтов, а следовательно, геоэко-систем речных бассейнов в целом необходима переориентация земле- и водо-

пользования на экологические принципы с учетом взаимосвязей между структурно-функциональными компонентами ландшафтов.

Интегрированный подход к управлению водо- и землепользованием предполагает тесное взаимодействие между всеми заинтересованными сторонами, вовлеченными в процесс использования природных ресурсов в речном бассейне, и обеспечение координации между различными видами планов.

Таким образом, приоритетными мерами, направленными на решение проблем, связанных с деградацией водосбора, являются:

- Разработка нормативно-методических документов, устанавливающих уровни допустимых антропогенных воздействий на речные бассейны.

- Совершенствование законодательно-правовой базы, обеспечивающей соблюдение водопользователями экологических нормативов.

- Осуществление почвенного мониторинга с целью оценки распространения негативных процессов, их характера и масштабов.

- Проектирование организационно-хозяйственных мероприятий на основе дифференцированного подхода с учетом природно-климатических характеристик и особенностей хозяйственной деятельности в бассейне реки.

- Внедрение рациональных агромелиоративных мероприятий, направленных на улучшение качественного состава и свойств почв и снижение негативного влияния на водные объекты.

Таким образом, хозяйственная деятельность на водосборных территориях должна быть направлена на обеспечение экологически безопасного и экономически сбалансированного развития в условиях рыночных отношений. Для совершенствования системы регулирования хозяйственной деятельности на водосборных территориях в целях поддержания их чистоты и стокорегулирующей роли, а следовательно, защиты водных объектов от загрязнения, заиления и истощения необходимо разработать:

- систему требований к осуществлению хозяйственной деятельности на водосборах водных объектов;

- научно-обоснованные нормативы антропогенных воздействий на водосборы рек и водоёмов;
- механизм экономической заинтересованности природопользователей в поддержании устойчивости природно-антропогенных систем;
- механизм регулирования межведомственных и внутриведомственных отношений, связанных с природопользованием в речных бассейнах.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Борисова Г.Г., Конистяпина О.Ю. Проблемы регулирования хозяйственной деятельности на водосборных территориях водных объектов и пути их решения // Водное хозяйство России. – 2003. – Т.5. – №2. – С. 164-171.
2. Вода России. Экосистемное управление водопользованием / Под науч. ред. А.М. Черняева. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 356 с.
3. Вода России. Вода в государственной стратегии безопасности / Под науч. ред. А.М. Черняева. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. – 480 с.
4. Водный кодекс Российской Федерации. – М., 2007. – 56 с.
5. Водосбор. Управление водными ресурсами на водосборе / Под науч. ред. А.М. Черняева. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1994. – 160 с.
6. Щербаков Г.А. Рассредоточенные источники загрязнения поверхностных вод: проблемы и перспективы // Водные ресурсы (информационные материалы). – Минск, 1998. – № 4. – С. 33-42.
7. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. - Киев: Изд-во «Генез», 1997. – 640 с.

Лекция 12. Проблемы малых рек

В соответствии с классификацией водотоков по размеру и водности (ГОСТ 17.1.1.02-77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов), к малым рекам относят водотоки с площадью водосбора от 200 до 20000 км².

1. Специфика малых рек

В Российской Федерации – около 2,5 млн. малых рек, 127 тыс. из них интенсивно используются для нужд населения и объектов экономики. К числу наиболее освоенных относятся малые реки, протекающие в центральной и южной частях бассейнов Дона, Волги, Урала.

В пределах самой обжитой части страны, где проживает более 95% всего населения, сосредоточено около трети малых рек. На их водосборах (включая самые малые реки и ручьи) формируется свыше 80% среднемноголетнего стока этой территории. В целом по России малые реки формируют около половины суммарного объема речного стока.

Малые реки выполняют функции регулятора водного режима ландшафтов, поддерживая их динамическое равновесие и перераспределение влаги.

Одна из основных особенностей малых рек – тесная связь формирования стока с ландшафтом бассейна. Это обусловило необычайную уязвимость малых рек при интенсивном хозяйственном освоении водосборов.

Открытие в 19-м столетии закона географической зональности послужило хорошей основой для изучения и объяснения закономерностей формирования стока и качества воды речных систем вообще, куда входят и малые реки. Но еще долго не обращалось внимание на то, что сами малые реки не подчиняются этому закону. Сегодня накоплен достаточно обширный материал по различным регионам, подтверждающий, что малые реки **азональны**. Вместе с тем, именно они, питающие большие реки, формируют их зональность, как по стоку, так и по качеству воды.

Таким образом, малые реки являются очень уязвимыми компонентами ландшафтов и быстро реагируют на такие антропогенные воздействия как сведение лесов, распашка территорий, зарегулирование стока. Усиление их деградации под влиянием антропогенной деятельности приводит к перестройке всей геоэкосистемы речного бассейна.

В настоящее время наблюдается резкое ухудшение состояния малых рек. Происходит их заиление, загрязнение, засорение, обрушение берегов. Сток малых рек, особенно в европейской части России, снизился более чем наполовину. В результате происходит разрушение водных экосистем, что делает эти реки непригодными для использования.

Как известно, изменения водности и гидрологического режима малых рек происходят не только из-за непосредственного воздействия на сток (водозабор, регулирование), но вследствие изменения условий его формирования в результате хозяйственной деятельности, приводящей к преобразованию растительного и почвенного покровов.

Косвенные воздействия различных видов антропогенной деятельности на малые реки, вызывающие уменьшение их водности, проявляются в течение длительного времени. Тем не менее, при определении допустимых пределов использования стока малых рек необходим учет этих факторов, что, в свою очередь, требует достаточно точного прогнозирования потенциальных изменений стока под влиянием хозяйственной активности на водосборах.

Уменьшению водности малых рек способствует также интенсивное хозяйственное использование подземных вод, являющихся основными источниками питания малых рек в меженный период. Поэтому при разработке экологических нормативов изъятия стока необходимо принимать во внимание взаимодействие между поверхностными и грунтовыми водами.

Специфика малых рек, выражающаяся в их азональности, предопределяет необходимость разработки региональных подходов к определению величины ненарушаемого (экологического) стока с учетом особенностей его формирования.

В современных условиях в ряде регионов значительной величины достигло безвозвратное водопотребление из малых рек. Неограниченное изъятие стока малых рек нередко приводит их к критическому состоянию (истощению, или даже исчезновению), поскольку они характеризуются низкой водностью. В отличие от загрязнения, оказывающего влияние в основном на водные биоценозы, уменьшение водности сказывается на функционировании всего аквально-го комплекса, вызывая нарушение экологического равновесия. В связи с этим возникла необходимость определения величины экологически безопасного изъятия стока реки, на основе обязательного сохранения в реке некоторого природоохранного минимума, обеспечивающего ее существование без ухудшения экологической обстановки.

2. Экологические пределы снижения стока малых рек

В последние десятилетия вопросы, связанные с установлением предельно допустимых величин снижения стока рек, находятся в центре внимания многих исследователей. В работах Б.В.Фашевского, И.С.Шахова, В.Г.Дубининой, А.В.Петенкова и других авторов сформулированы общие методологические принципы определения пределов снижения стока рек и предложены конкретные механизмы, позволяющие установить величину экологически безопасного изъятия стока реки. Тем не менее, к настоящему времени природоохранные нормативы изъятия речного стока разработаны недостаточно. До сих пор не имеется единого методического подхода к установлению предельной величины снижения стока.

Согласно существующим нормативным документам, в качестве расчетных для незарегулированных рек рекомендуется принимать минимальный среднемесячный расход воды 95% обеспеченности.

Однако с каждым годом становится все более очевидным, что в основу определения допустимых пределов снижения стока должен быть положен экосистемный принцип. Он предполагает комплексный подход к речным экоси-

стемам и экологически обоснованное использование природных ресурсов в пределах всего речного бассейна с учетом взаимосвязей между биотическими и абиотическими компонентами его геоэкосистемы.

Необходимость экосистемного подхода к охране и использованию природных ресурсов речных бассейнов давно осознана в наиболее развитых зарубежных странах. Этот подход является приоритетным при разработке национальных стратегий управления водохозяйственной деятельностью. При планировании комплекса водоохраных мероприятий по восстановлению малых рек предпочтение отдается тем из них, которые приводят к формированию и устойчивому функционированию речных экосистем. Кроме мер по предотвращению поступления загрязнений в водные объекты от различных источников, большое значение придается мероприятиям, направленным на улучшение механизмов заселения и обитания водной и околоводной фауны и флоры и повышение способности водных систем к саморегуляции путем восстановления естественных динамических процессов в ручьях и реках.

Экологическое равновесие в реках зависит от условий функционирования в них живых организмов. Все организмы в водных экосистемах находятся в неразрывной связи друг с другом и с окружающей их неживой природой. Биотические и абиотические элементы экосистемы совместно осуществляют круговорот веществ, их превращение и накопление, а также преобразование энергии.

Структурно-функциональная организация круговорота веществ в водных экосистемах осуществляется гидробионтами различных трофических уровней. Водная биота обеспечивает самоочищение воды, под которым понимается совокупность биохимических процессов, приводящих к нейтрализации (ликвидации) загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты. Водные организмы осуществляют минерализацию растворенных и взвешенных веществ, концентрируют в своих телах различные соединения, способствуют осаждению взвесей. Под влиянием жизнедеятельности гидробионтов формируется биологически полноценная вода, содержащая биологически активные соединения, включая витамины, ферменты и т.д. Нарушение условий существования от-

дельных групп гидробионтов приводит к ухудшению жизнедеятельности других звеньев биоценозов, поскольку все они связаны между собой трофическими цепями, а следовательно, потоками веществ и энергии. А это, в свою очередь, может отразиться на функционировании всей экосистемы реки и прибрежного комплекса.

Основой экосистемного подхода при оценке экологически допустимого безвозвратного изъятия стока рек является сохранение экологически безопасного и устойчивого состояния водной экосистемы, при котором не нарушается функционирование природных комплексов. В качестве основного условия поддержания экологического равновесия малых речных систем и предотвращения их истощения следует принимать принцип сохранения в водотоке расхода, обеспечивающего воспроизводство биологических ресурсов и обуславливающего удовлетворительное санитарно-биологическое состояние и самоочищение реки при любых видах хозяйственного использования.

Таким образом, критерием допустимых объемов изъятия воды из водных объектов является величина ненарушаемого стока.

Ненарушаемый (экологический, водоохранный) сток – это часть стока, которую необходимо оставлять в водных источниках для обеспечения нормального функционирования экосистемы реки и водосбора при различных видах водохозяйственной деятельности.

Большинство авторов, занимающихся вопросами определения экологических пределов снижения стока, считает, что природоохранный сток, который резервируется в реках ниже створов изъятия (регулирования), не является постоянной величиной. Водность, обеспечивающая устойчивость речной экосистемы, должна изменяться в соответствии с изменениями расходов воды в различные фазы гидрологического цикла. Поэтому ненарушаемый сток должен моделироваться в виде гидрографа по основным фазам водного режима и месяцам года и назначаться в зависимости от водности года на основе значений природоохранных расходов, обеспечивающих нормальное функционирование всего пойменно-руслового комплекса.

Для определения «остаточного экологического стока» Б.В. Фащевским предложен дифференцированный подход к различным рекам в зависимости от их экологической значимости. В качестве показателя экологической значимости используется коэффициент развитости пойм. Определение остаточного экологического стока ниже створов регулирования и изъятия базируется на установлении связей объемов воспроизводства травостоя пойменных лугов, беспозвоночных, рыб, околородных млекопитающих, птиц с характеристиками гидрологического режима рек. Нижний предел остаточного экологического стока предлагается ограничивать среднемесячными расходами воды, описываемыми гидрографом 99%-й обеспеченности, а верхний – гидрографом среднемесячных расходов воды в диапазоне обеспеченности 25-50% .

Методические подходы, разработанные в РосНИИВХ, основаны на комплектовании ненарушаемого гидрографа стока по установленным оптимальным параметрам существования различных видов биоценозов путем интегрирования их оптимальных показателей. Допустимое безвозвратное изъятие комплектуется также в виде гидрографа. Безвозвратное изъятие стока допускается только в периоды, когда расходы воды расчетной обеспеченности превышают расходы ненарушаемого стока. В результате проведенных исследований установлено, что в водных объектах для сохранения сложившегося динамического равновесия системы и безопасных экологических условий должно оставаться не менее 70 % от объема среднемноголетнего стока, допустимое безвозвратное изъятие – не более 30%.

При разработке подходов к определению экологических пределов снижения стока, рассмотренных выше, во внимание принимались главным образом средние и большие реки. Что касается определения величины допустимого изъятия стока из малых рек, то эта проблема является еще более сложной. Это связано с их азональностью, которая обуславливает значительную изменчивость и разнообразие водности и гидрологического режима даже рядом расположенных малых рек.

На основе обобщения опубликованных работ ряда авторов, можно сформулировать основные эколого-гидрологические требования, которые должны быть учтены при установлении экологически обоснованного предельного уровня безвозвратного изъятия стока поверхностных вод. К ним относятся:

- обеспечение естественной частоты и глубины затопления поймы;
- поддержание возможности самопромыва русла в весенний период, обеспечивающего санитарную уборку водотока и его поймы;
- обеспечение проточности (водообмена) потока, незарастаемости, незаиляемости русла, отсутствия дефицита кислорода в летнюю и зимнюю межень.

Исчезновение проточности приводит к замедлению темпов развития аэробных микроорганизмов, преобладанию анаэробного разложения, снижению численности аэробов; на плёсовых участках реки происходит аккумуляция органического вещества и возникает дефицит кислорода в летнюю и зимнюю межень; при благоприятной температуре, наличии питательных веществ с уменьшением проточности в плёсовых участках развивается большая биомасса водорослей и происходит замена исторически сложившихся биоценозов на менее разнообразные, стойкие к загрязнению, характерные для стоячих водоёмов.

В проточных водных объектах, в отличие от стоячих, течение регулирует и ограничивает распространение определенных организмов; оно обуславливает интенсивный обмен различными веществами между водой и грунтом. Растения и животные, как правило, прикреплены к каким-либо поверхностям, а неприкрепленные животные хорошо плавают. Поэтому скорость течения является важнейшим экологическим фактором, определяющим характер распределения водных беспозвоночных. Установлено, что скорость течения для донных беспозвоночных определяет интенсивность восполнения запаса кислорода в граничном слое, а следовательно, чем выше скорость течения, тем быстрее и интенсивнее приток кислорода. От скорости течения зависит и численность организмов. Для различных организмов ее оптимальная величина может различаться. Некоторые авторы считают продуктивными участки, скорость течения в кото-

рых возле дна составляет 0,15-0,9 м/с. По мнению других, идеальной следует считать скорость в пределах 0,3-0,6 м/с.

Диапазон влияния скорости течения на планктонные организмы так же достаточно велик – от 0,1 до 0,9 м/с, однако для предупреждения интенсивного развития водорослей достаточна скорость 0,5-0,6 м/с. Одновременно на развитие фитопланктона влияет прозрачность воды; при скорости течения ниже 0,3 м/с и глубинах меньше 2,5 м происходит интенсивное зарастание русел рек высшими водными растениями – гидрофитами. Для рек шириной до 10-15 м и глубиной до 0,7-1 м допустима по условиям незарастаемости скорость течения 0,1-0,2 м/с. По условиям незаиляемости целесообразно поддержание средних скоростей течения в пределах 0,1-0,25 м/с для большинства малых рек.

Весьма значимым экологическим фактором является глубина потока. Чем глубже, тем меньше света проникает в толщу воды, тем меньше растительной пищи для беспозвоночных образуется в процессе фотосинтеза, соответственно уменьшается численность беспозвоночных. Имеются сведения о том, что большинство организмов обитает на глубинах 0,08-0,15 м, на больших глубинах численность организмов убывает. Поденки, веснянки, ручейники предпочитают глубины менее 0,3 м. В реках и ручьях, где обитают лососи, наиболее продуктивны участки с глубинами от 0,15 до 0,9 м при условии приемлемых донных грунтов и скоростей потока.

Основными компонентами мест обитания рыб являются места нагула, участки для нереста и развития икры и укрытия. Различают два основных типа мест обитания в реках – перекаты и плесы. Перекаты характеризуются скоростью течения выше средней, глубиной меньше средней и донным субстратом, состоящим преимущественно из гальки и гравия. Плесы характеризуются скоростью течения ниже средней, глубиной больше средней и донными субстратами, представленными илом и мелким гравием. Местами нагула служат преимущественно перекаты. Сохранение проточности и водообмена на нерестилищах также остаётся необходимым условием удовлетворительного рыбохозяйственного состояния реки. К примеру, подходящие для нереста лососи уча-

стки характеризуются скоростью течения 0,15-0,9 м/с, глубиной 0,15 м и более. В качестве одного из требований для обеспечения сохранения рыбохозяйственного значения реки используется минимальное наполнение русла в пределах: для форели – 0,1-1 м, для хариуса – 0,5-0,8 м, для усача – 1-3 м.

Именно на учете гидравлических параметров потока, обеспечивающих нормальные условия функционирования гидробионтов и стабильность химического состава, основан подход к определению экологического стока малых рек, предложенный В. Н. Дерябиным и И. М. Ширяком. Водоохраный расход в реке предлагается вычислять в каждом отдельном случае по глубине и уклону реки, средней скорости и живому сечению и т.д. Водоохраным считается наибольший из расходов, полученных на основе расчетов.

Для различных малых рек и разных створов одной реки природоохранные расходы воды имеют сугубо индивидуальные значения, зависящие от площади и комплекса природных характеристик водосборного бассейна. Поэтому в настоящее время предпринимаются попытки найти какие-то общие показатели, которые позволят перейти к определению экологических пределов изъятия стока. По мнению А. В. Петенкова, более унифицированными для всех рек природоохранными характеристиками являются вероятности превышения или обеспеченности указанных выше природоохранных значений расходов воды, устанавливаемые относительно суточного стока летней или зимней межени. Природоохранную водность рекомендуется моделировать для конкретного водотока в виде гидрографа стока по всем фазам водного режима, на основе установленных базовых природоохранных расходов. В качестве весеннего базового природоохранного расхода воды принят максимальный срочный расход, при котором обеспечиваются оптимальные условия затопления поймы. Для летне-осенней межени за верхний предел природоохранных расходов воды принята оптимальная водность потока, наблюдающаяся при средних его гидравлических характеристиках в период устойчивой летней межени, а для зимней межени – аналогичный принцип дифференцированной оценки природоохранных расходов воды. На основе требования сохранения в реке природоохранных рас-

ходов воды определяются допустимые объемы водопотребления на различные нужды народного хозяйства.

3. Проблемы нормирования антропогенных воздействий на водосборы малых рек

Проблемы, связанные с рациональным использованием природных ресурсов малых рек, обострились в последние десятилетия вследствие резкого возрастания масштабов антропоизации речных бассейнов. Интенсификация хозяйственной деятельности на водосборах малых рек сопровождается нарушением водного, теплового, химического балансов территории и вызывает не только негативные изменения состояния поверхностных и подземных вод, но и трансформацию геоэкосистемы речного бассейна в целом.

Ухудшение экологического состояния малых рек и прилегающих к ним территорий привело к осознанию необходимости нормирования не только объемов изъятия, но и всех видов хозяйственной деятельности на водосборных территориях на основе экосистемного подхода. Иными словами, необходима разработка экологических требований, регламентирующих антропогенное воздействие не только на малые водотоки, но и их водосборные территории.

Вопросы, связанные с нормированием антропогенных нагрузок на речные бассейны с учетом экосистемных требований, в настоящее время изучены недостаточно. Отсутствуют научно обоснованные разработки по определению критериев оценки допустимого уровня антропогенной нагрузки на природные экосистемы. Во многом это объясняется тем, что для конкретных природно-антропогенных систем и их структурных элементов характерны свои допустимые уровни нагрузки. Поскольку формирование стока малых рек является крайне сложным процессом, зависящим от множества природных и антропогенных факторов, при нормировании хозяйственной деятельности необходим учет конкретных природно-климатических и экономических условий рассматриваемых бассейнов.

Для обеспечения нормального функционирования геоэкосистем малых речных бассейнов чрезвычайно важное значение имеют организационно-хозяйственные мероприятия, направленные на экологически обоснованное использование их водосборных территорий, которое предусматривает соблюдение пропорций между уровнем естественной защищенности ландшафта (или его природно-климатическим потенциалом) и степенью антропогенного воздействия. Эти мероприятия должны носить преимущественно профилактический характер и осуществляться в пределах всего водосборного бассейна.

4. Принципы экосистемного землепользования в малых речных бассейнах

Экологически обоснованное использование природных ресурсов в малых речных бассейнах предполагает соблюдение следующих основных принципов осуществления хозяйственной деятельности:

1. Землепользование в речных бассейнах должно быть экономически эффективным и экологически безопасным. Вопросы защиты и рационального использования почв, поверхностных и подземных вод, сохранения многообразия видов и поддержания устойчивости ландшафтов должны решаться одновременно с осуществлением хозяйственной деятельности, к примеру с обеспечением производства сельскохозяйственной продукции.

2. Необходимость соблюдения оптимальных для каждой зоны пропорций между уровнем естественной защищенности ландшафтов и степенью антропогенной нагрузки с учетом природно-климатических, почвенно-гидрологических и ландшафтных условий. Регламентация антропогенных воздействий должна осуществляться на основе строгого соизмерения их с экологическими требованиями.

3. Необходимость соблюдения бассейнового принципа в ландшафтном земледелии. Эффективное управление использованием природных ресурсов в речном бассейне может быть достигнуто лишь при условии комплексного под-

хода к решению экологических проблем, который предусматривает интегрированное управление водными, земельными и другими видами ресурсов.

4. Необходимость реализации принципа постоянного и планомерного снижения вредных воздействий на водные объекты. Мероприятия по защите водных объектов от загрязнений, поступающих с водосборных территорий, должны носить преимущественно профилактический характер.

5. Необходимость правильной организации территории с учетом зональных и азональных особенностей, индивидуальной специфики каждого ландшафта, сопряженности фаций и урочищ, а также дифференцированным использованием земель в зависимости от рельефа, особенностей почвенного покрова, интенсивности процессов эрозии и т.д.

6. Всестороннее повышение разнообразия биоценологических отношений и трофических цепей (отказ от монокультуры, внедрение севооборотов, разработанных с учетом почво- и водозащитных требований, более широкое применение бактериальных удобрений, регулирование деятельности почвенных микроорганизмов, использование биотехнологий и т.д.).

Основой для осуществления организационно-хозяйственных мер является оптимизация пространственной структуры природно-антропогенных ландшафтов, которая должна базироваться на следующих принципах:

- создание и сохранение топологической и функциональной неоднородности;
- формирование компенсационных, защитных, буферных зон и участков, включая водоохранные зоны и прибрежные полосы;
- установление для различных ландшафтов оптимальных параметров использования земельных ресурсов;
- использование растительности в качестве биогеохимического барьера, перехватывающего биогенные вещества на пути их миграции;
- контурная организация территорий, представленных эрозионноопасными почвами и размещение сельскохозяйственных культур поперек склона.

Таким образом, управление использованием ресурсов малых рек должно быть реализовано на основе экосистемного подхода. Поддержание экологических расходов воды в малых водотоках необходимо осуществлять не только путем введения ограничения на непосредственное водопользование (изъятие воды), но и путем нормирования всех видов хозяйственной деятельности, которые могут повлечь за собой изменения водности вследствие преобразования поверхности и нарушения стокорегулирующей роли водосбора.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Вода России. Малые реки / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. – 804 с.
2. Восстановление и охрана малых рек: теория и практика. – М.: Агропромиздат, 1989. – 317 с.
3. Дерябин В.Н., Ширяк И.М. Оценка водохозяйственного использования малых рек с учетом экологических особенностей // Проблемы рационального использования и охраны малых рек. – Красноярск: изд-во СибНИИГиМ, 1982. – С. 126-132.
4. Малые реки России (использование, регулирование, охрана, методы водохозяйственных расчетов).–Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1988.–320 с.
5. Петенков А.В., Ершова Л.М. Экологизация использования водных ресурсов малых рек // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – №3. – С. 5-7.
6. Фашевский Б.В. Проблемы экологического нормирования водного режима рек // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. –№5. – С. 17-19.
7. Чупахин В.М. Основы ландшафтоведения. – М.: Агропромиздат, 1987. – 168 с.
8. Шахов И.С., Черняк В.Я., Ершова Ю.В. Методический подход по обоснованию допустимого изъятия поверхностных вод // Водное хозяйство России. – 2000. – Т.2. – №2. – С. 188-196.

Лекция 13. Проблемы питьевой воды

Одним из показателей оптимальности окружающей среды является состояние водных ресурсов территории. Оно является показателем здоровья биосферы в целом и каждого конкретного человека. На конференции ООН по окружающей среде, проходившей в Рио-де-Жанейро (1992 г.), были определены стратегические задачи в области охраны и рационального использования водных ресурсов и в качестве одной из приоритетных задач указано на необходимость обеспечения доступа каждого человека к безопасной питьевой воде.

1. Влияние качества питьевой воды на здоровье человека

Неблагоприятное влияние на состояние здоровья населения водного фактора может быть связано как с воздействием биологических агентов (микробов, гельминтов и т.д.), поступающих с водой, так и химических и радиоактивных веществ.

Патогенные микроорганизмы, попадающие в организм человека непосредственно при потреблении воды или с водой, используемой для приготовления пищи, являются одной из основных причин заболеваемости и смертности населения. По данным Всемирной организации здравоохранения, 25 млн человек в мире ежегодно умирает от различных заболеваний, связанных с потреблением недоброкачественной воды, таких, как холера, дизентерия, гепатит и др.

Установлена статистически значимая связь между степенью загрязнения воды и ее обеззараживанием хлором и злокачественными новообразованиями у населения. Использование для питьевых нужд и приготовления пищи воды, характеризующейся повышенным содержанием нитратов и нитритов, может привести к развитию метгемоглобинемии.

В последние десятилетия появились новые болезни, обусловленные присутствием в воде ртути, цинка, меди, кадмия, мышьяка. Они вызывают нарушения функционирования центральной нервной системы, хрупкость костей, пара-

личи и т.д. Поступление в организм человека ртути приводит к поражению периферической нервной системы и нарушению сердечно-сосудистой деятельности. Употребление воды с повышенными концентрациями меди и свинца сопровождается болями в желудке, печени и конечностях. Отравление кадмием приводит к серьезным нарушениям обмена веществ и возникновению гипертонической болезни, анемии, снижению иммунитета. Мышьяк, в зависимости от дозы, может вызвать острое и хроническое отравление. Хроническая интоксикация возникает при длительном употреблении воды с 0,3-2,2 мг/л мышьяка.

Имеются данные, свидетельствующие о связи ряда патологических состояний с длительным употреблением слишком «мягких» или слишком «жестких» питьевых вод. В первом случае речь идет в основном о патологиях опорно-двигательной и сердечно-сосудистой систем, а во втором – о патологии выделительной системы и желудочно-кишечного тракта.

Безопасность водопользования – это неотъемлемое условие обеспечения продовольственной безопасности. От качества воды, используемой в технологических процессах, во многом зависят органолептические и физико-химические показатели пищевой продукции.

Проблема питьевой воды в настоящее время затрагивает жизненные интересы каждого человека. Качество воды в значительной степени отражается на качестве пищевых продуктов и различных напитков. Поэтому особую актуальность приобретает обеспечение в перспективе перехода к использованию вод, которые не только соответствуют предъявляемым требованиям по органолептическим, физико-химическим и бактериологическим показателям, но и являются биологически полноценными по соотношению макро- и микроэлементов.

2. Основные требования к качеству питьевой воды

Питьевая вода – вода, отвечающая по своему качеству в естественном состоянии или после обработки (очистки, обеззараживания, добавления недостающих веществ) установленным нормативным требованиям и предназначен-

ная для питьевых и бытовых нужд человека либо для производства пищевой продукции.

Согласно ст. 43 Водного кодекса Российской Федерации, для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения должны использоваться защищенные от загрязнения и засорения поверхностные водные объекты и подземные водные объекты, пригодность которых для указанных целей определяется на основании санитарно-эпидемиологических заключений.

Для водных объектов, используемых для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, устанавливаются зоны, округа санитарной охраны в соответствии с законодательством о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. Порядок использования подземных водных объектов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения устанавливается законодательством о недрах.

На территориях, на которых отсутствуют поверхностные водные объекты, но имеются достаточные ресурсы подземных вод, пригодных для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, в соответствии с законодательством о недрах допускается в исключительных случаях использование подземных вод для целей, не связанных с питьевым и хозяйственно-бытовым водоснабжением.

Питьевая вода должна удовлетворять следующим требованиям:

- должна быть безопасной в эпидемическом и радиационном отношении;
- должна быть безвредной по химическому составу;
- должна иметь благоприятные органолептические свойства.

В наибольшей степени этим требованиям соответствуют артезианские воды, которые обычно не нуждаются в очистке.

Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в распределительную сеть, а также в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети.

Требования к качеству питьевой воды отражены в нормативном правовом акте, вступившем в силу в 2001 году. Этим документом являются Санитарные правила и нормы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» (СанПиН 2.1.4.1074-01).

В соответствии с Санитарными правилами, безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в табл. 6.

Таблица 6

Нормативы питьевой воды по микробиологическим и паразитологическим показателям

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее число колиформных бактерий	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 л	Отсутствие

При обнаружении в пробе питьевой воды термотолерантных колиформных бактерий и (или) общих колиформных бактерий, и (или) колифагов проводится их определение в повторно взятых в экстренном порядке пробах воды. В таких случаях для выявления причин загрязнения одновременно проводится определение хлоридов, азота аммонийного, нитратов и нитритов.

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по:

1) обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (табл. 7).

2) содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения (табл. 8).

3) содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека.

Таблица 7

Нормативы питьевой воды по обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации), не более	Класс опасности
Обобщенные показатели			
Водородный показатель	Единицы рН	В пределах 6-9	
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500)	
Жесткость общая	мг/экв./л	7,0 (10)	
Поверхностно-активные вещества (ПАВ)	мг/л	0,5	

Продолжение таблицы 7

Неорганические вещества			
Алюминий	мг/л	0,5	2
Барий	мг/л	0,1	2
Железо (суммарно)	мг/л	0,3 (1,0)	3
Сульфаты	мг/л	500	4
Для отдельных климатических районов			
Хлориды	мг/л	350	4
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05	3
Органические вещества			
Гамма-ГХЦГ (линдан)	мг/л	0,002	1
ДДТ (сумма изомеров)	мг/л	0,002	2

Таблица 8

Нормативы питьевой воды по содержанию химических веществ, образующихся в воде в процессе ее обработки

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации), не более	Класс опасности
Хлороформ (при хлорировании)	мг/л	0,2	2
Формальдегид (при озонировании)	мг/л	0,05	2

Благоприятные **органолептические свойства** питьевой воды определяются ее соответствием нормативам, указанным в таблице 9.

Таблица 9

Нормативы питьевой воды по органолептическим показателям

Показатели	Единицы измерения	Нормативы, не более
Запах	баллы	2
Привкус	баллы	2
Цветность	градусы	20 (35)
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л	2,6 (3,5)
	(по каолину)	1,5 (2)

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей альфа- и бета-активности (табл. 10).

Таблица 10

Нормативы питьевой воды по показателям радиационной безопасности

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Общая альфа-радиоактивность	Бк/л	0,1
Общая бета-радиоактивность	Бк/л	1,0

3. Современное состояние водоисточников на территории России

К источникам питьевого водоснабжения относятся подземные и поверхностные воды.

Подземные воды. Наибольшую опасность представляет загрязнение подземных вод патогенной микрофлорой. Это происходит в результате миграции микроорганизмов с поверхности почвы в результате появления поверхностного очага микробного загрязнения (помойная яма, неорганизованная свалка и др.). Поступление микробного загрязнения также может происходить через водозаборные сооружения при их неправильном монтаже, нарушениях в процессе эксплуатации сооружений, несоблюдении режима зон санитарной охраны.

Поверхностные источники (реки, озера, водохранилища) отличаются наименьшей санитарной надежностью. Общими свойствами воды поверхностных источников являются низкая минерализация, большое количество взвешенных веществ, высокий уровень микробного загрязнения, колебания расхода воды в зависимости от времени года и метеорологических условий. Кроме того, на качество воды поверхностных источников влияет хозяйственная деятельность человека. К указанным неблагоприятным свойствам воды в прудах и водохранилищах добавляется чрезмерное развитие микроскопических одноклеточных водорослей – так называемое цветение, способное в значительной мере ухудшить органолептические свойства воды и придать ей аллергенные свойства. Повысить санитарную надежность водоисточников можно только при проведении специальных мероприятий, основным из которых является создание зон санитарной охраны.

Источники хозяйственно-питьевого водоснабжения в большинстве регионов России находятся в неудовлетворительном положении; положение с питьевой водой из тяжелого стало угрожающим. Происходит загрязнение водных объектов сбросами с промышленных предприятий, объектов коммунального хозяйства, а также диффузным путем (с загрязненных водосборных территорий). В настоящее время около 50% населения России потребляет воду, не отвечающую санитарно-гигиеническим требованиям.

В условиях существенного роста антропогенных нагрузок на водосборы речных бассейнов в последние годы особую остроту приобрела проблема ухудшения состояния подземных вод. Источниками их загрязнения являются

места хранения и транспортировки промышленной продукции и отходов производства и потребления, промышленные площадки предприятий, сельскохозяйственные угодья, на которых применяются удобрения и пестициды, объекты животноводства, буровые скважины и другие горные выработки.

Одной из актуальных проблем современности является повышение кислотности осадков и, соответственно, почвенного покрова, поверхностных и грунтовых вод. Повышенная кислотность почв способствует усилению миграционной активности тяжёлых металлов и радионуклидов, что отражается на качественном состоянии природных вод.

4. Очистка питьевой воды

Очистка питьевой воды проводится в несколько этапов. Первым из них является освобождение воды от взвесей путем отстаивания в специальных бассейнах – отстойниках. Для более эффективного осветления и обесцвечивания воды отстаивание проводят с применением коагулянтов (вещества, введение которых в жидкую дисперсную систему вызывает сцепление друг с другом частиц дисперсной фазы). Основными коагулянтами служат соли алюминия и железа. В результате реакции коагулянтов с содержащимися в воде углекислыми солями образуются гидроокиси алюминия или трехвалентного железа (при использовании солей железа), выпадающие в виде хлопьев. Оседая, хлопья увлекают за собой взвеси и микроорганизмы.

После отстаивания воду подвергают фильтрации. В качестве фильтрующего материала используют кварцевый песок. В верхних слоях фильтра образуется биологическая пленка, содержащая большое количество микроорганизмов.

Пройдя через фильтры, вода полностью освобождается от взвешенных веществ и большей части микроорганизмов. Однако в ней еще остается некоторое количество бактерий, причем, могут сохраняться и болезнетворные. Поэтому воду после фильтрации обеззараживают – дезинфицируют, чаще методом

хлорирования. Применяют обычно газообразный хлор или другие хлорсодержащие вещества (гипохлориты, хлорную известь, хлорамины).

Хлор даже в незначительных концентрациях действует губительно на многие микроорганизмы. Споры бактерий обладают большей устойчивостью. Кроме свободного хлора, значительным бактерицидным действием обладают недиссоциированные молекулы хлорноватистой кислоты (HOCl), образующейся при гидролизе хлора в воде. Губительно действует на микроорганизмы и гипохлорит, образующийся в результате диссоциации хлорноватистой кислоты. Бактерицидными свойствами обладает также атомарный (активный) кислород, образующийся при реакции хлора с водой.

Необходимая для дезинфекции доза хлора должна быть тем больше, чем выше концентрация в воде органических веществ, так как хлор расходуется на их окисление. При недостатке остаточного (активного) хлора вода не обеззараживается; избыточное количество хлора придает воде неприятные вкус и запах.

В практике питьевого водоснабжения используются также такие методы дезинфекции воды, как озонирование и облучение бактерицидными ультрафиолетовыми лучами. Озонирование, кроме бактерицидного действия, улучшает органолептические свойства воды. Ультрафиолетовое облучение может быть применено только для воды с незначительной цветностью и мутностью.

5. Основные проблемы питьевого водоснабжения в Свердловской области

Вопросы обеспечения питьевой водой населения Свердловской области в целом и г. Екатеринбурга, в частности, приобретают все большую остроту.

Природа щедро одарила Свердловскую область разнообразными полезными ископаемыми, на базе которых здесь сформировался мощный промышленный комплекс России. Однако природа обделила этот регион водными ресурсами. Свердловская область находится на территории, к которой приурочено начало формирования стока таких крупнейших в мире водных артерий, как

Обь, Волга и Урал. Запасы подземных вод здесь также являются ограниченными, что объясняется кристаллическим характером пород, слагающих водосборы рек, и малой мощностью четвертичных отложений.

Главными компонентами минерального состава воды являются ионы солей соляной, серной и угольной кислот с металлами: натрием, калием, магнием и кальцием. Они составляют в пресных водах 90-95 % всех растворенных веществ. Воды большинства рек Свердловской области принадлежат к гидрокарбонатному классу группы кальция.

Неоднородность в солевом составе воды объясняется как литологией породообразующих минералов на данных территориях, так и пестротой почвообразующих пород, различной засоленностью почвенного покрова.

Минерализация речной воды течение года колеблется от 150 до 540 мг/дм³ при минимальных значениях в период весеннего половодья (150–300 мг/дм³) и максимальных – в межень (300–540 мг/дм³). Наблюдается общая тенденция увеличения минерализации с севера на юг и к востоку и западу от водораздельного Урала. В целом по величине минерализации и общей жесткости поверхностные воды на территории Свердловской области характеризуются хорошими и удовлетворительными питьевыми качествами.

Многие водотоки Свердловской области формируются на заболоченных территориях. Речные воды, вытекающие из болот, желтого или коричневого цвета, за счет повышенного содержания гумуса.

О количестве и качестве органического вещества судят по величине цветности, перманганатной и бихроматной окисляемости и легкоокисляемым органическим веществам (БПК₅).

Наиболее распространенным и опасным веществом, загрязняющим поверхностные воды, являются нефтепродукты. Нефть и продукты ее переработки представляют собой чрезвычайно сложную смесь веществ. Концентрация нефтепродуктов в воде может снижаться в результате протекающих в водных объектах процессов испарения, сорбции, биохимического и химического окисления.

Нефтяному загрязнению рек часто сопутствует фенольное. Фенолы в естественных условиях образуются в процессе метаболизма водных организмов при биохимическом распаде органических веществ. В поверхностных водах фенолы могут находиться в растворенном состоянии в виде фенолятов, фенолят-ионов и свободных фенолов. Фенолы вступают в реакции конденсации и полимеризации, образуя сложные гумусоподобные и другие устойчивые соединения.

Обширную группу соединений, различных по своей структуре и относящихся к разным химическим классам, представляют собой синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). СПАВ способствуют пенообразованию, которое затрудняет оседание взвешенных веществ, в результате чего повышается мутность воды, снижается фотосинтез.

К биогенным элементам в природных водах относятся азот, фосфор и кремний в различных соединениях. Они имеют особое значение в развитии жизни, в водоемах и водотоках, так как являются обязательными составляющими тканей каждого живого организма. Концентрации биогенных элементов и их режим зависят от интенсивности биологических и биохимических процессов, происходящих в водных объектах. Содержание аммонийного азота, нитритов и фосфатов в концентрациях, превышающих ПДК, характерно практически для всех водных объектов Свердловской области.

В природных водах широко распространены тяжелые металлы, встречающиеся в растворенном виде и в форме взвесей. Физико-химическая активность металлов высока, они образуют комплексные соединения с органическими веществами, с фульво- и гуминовыми кислотами, сорбируются минеральными и органическими взвесями. Являются токсикантами. К числу элементов, поступление которых в природные воды должно контролироваться и ограничиваться, относятся медь, цинк, кадмий, свинец, серебро, олово, мышьяк.

Основным поставщиком загрязняющих веществ в природные воды являются промышленные стоки, которые разнообразны как по концентрации, так и по химическому составу. Органические вещества различного состава поставляют целлюлозно-бумажная, лесобработывающая, пищевая отрасли. Хи-

мическая, металлургическая, горнодобывающая и другие виды промышленности ответственны за поступление в природные воды таких компонентов, как нефть и нефтепродукты - хлориды, сульфаты, нитраты и др. От сельскохозяйственного производства поступают сточные воды с высокими концентрациями органических и биогенных веществ.

Система водоснабжения г. Екатеринбурга базируется на использовании водных ресурсов рек Исети, Чусовой и Уфы с каскадом расположенных на них водохранилищ.

На современном этапе качество воды большинства водных объектов Свердловской области не отвечает нормативным требованиям. Наиболее распространенными веществами, загрязняющими поверхностные воды, являются нефтепродукты, фенолы, легкоокисляемые органические вещества, соединения металлов, аммонийный и нитритный азот.

Проблемы водоснабжения городов Свердловской области достаточно типичны для России. Они обусловлены:

- загрязнением и истощением водоисточников;
- изношенностью разводящей сети;
- недостаточной мощностью и технической оснащенностью сооружений водоподготовки и очистки сточных вод.

Все это приводит к перебоям в подаче воды, непроизводительным потерям, к превышению норм содержания загрязняющих веществ в питьевой воде, дальнейшей деградации водных объектов.

Химическое загрязнение Волчихинского водохранилища (основного источника водоснабжения г. Екатеринбурга) обусловлено высоким среднегодовым содержанием в воде: меди (19,3 ПДК), цинка (2 ПДК), железа общего (2,1 ПДК), марганца (24,8 ПДК), нефтепродуктов (0,6 ПДК).

Качество воды в р. Исеть также является неудовлетворительным. Уже в ее истоке – Исетском водохранилище – воды загрязнены соединениями цинка (1,9 ПДК), меди (20,5 ПДК), марганца (17,6 ПДК), железа (7 ПДК).

Таким образом, как показывают данные государственного мониторинга водных объектов, спектр поллютантов, загрязняющих поверхностные воды указанных водотоков, достаточно широк. Среди загрязнителей, как правило, доминируют тяжелые металлы. В настоящее время более половины населения области потребляет воду с повышенным содержанием железа и марганца, что способствует развитию аллергических заболеваний, болезней крови, отложению соединений железа в органах и тканях.

Система водоснабжения г. Екатеринбурга включает в себя два основных сооружения, обеспечивающих подготовку питьевой воды, это Западная фильтровальная станция и Головные сооружения водопровода. Процесс очистки сырой воды двухступенчатый, с предварительным коагулированием, отстаиванием, фильтрованием, обеззараживанием. Для реагентной обработки воды в качестве коагулянта используется оксихлорид алюминия.

Одной из актуальных проблем подготовки питьевой воды является извлечение из природных вод органических веществ. Это необходимо для предотвращения образования при их хлорировании хлорорганических соединений, как правило, обладающих мутагенной активностью. Эвтрофирование водоемов вследствие избыточного поступления биогенных веществ обусловило появление сложной проблемы удаления из воды водорослей и продуктов их жизнедеятельности, которые не устраняются при коагуляции и хлорировании воды.

6. Основные пути решения проблем, связанных с питьевым водоснабжением

Таким образом, в последние годы в крупных городах все более обостряются проблемы обеспечения доброкачественной питьевой водой, развития централизованного водоснабжения, улучшения санитарно-технического состояния водопроводных сооружений и сетей. С каждым годом увеличивается заболеваемость населения, связанная с потреблением некачественной воды.

Для решения указанных проблем необходимы следующие меры:

создание современной информационной системы, включающей многоуровневый комплексный мониторинг; в том числе за источниками загрязнения водных объектов;

предотвращение загрязнения источников питьевого водоснабжения;

повышение эффективности работы сооружений для очистки питьевой воды; более широкое использование наиболее перспективных технологий и реагентов;

улучшение состояния систем транспортировки питьевой воды при подаче потребителю;

совершенствование методов контроля, внедрение современных методик определения в питьевой воде наиболее опасных для здоровья человека соединений.

При подготовке лекции были использованы следующие источники:

1. Водное хозяйство Екатеринбурга / Под ред. А.М. Черняева. – Свердловск, 1991. – 135 с.

2. Водный кодекс Российской Федерации. – М., 2007. – 56 с.

3. Водные ресурсы Свердловской области / Под науч. ред. Н.Б. Прохоровой; ФГУП РосНИИВХ: Изд-во АМБ, 2004. – 432 с.

4. Никонов Б.И., Гурвич В.Б., Баевский А.М., Борзунова Е.А. Проблема обеспечения населения Свердловской области доброкачественной питьевой водой // Гигиена и санитария. – 1996. – 32. – С. 5-7.

5. Санитарные правила и нормы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» (СанПиН 2.1.4.1074-01).

6. Шахов И.С. Питьевая вода Свердловской области: проблемы, решения // Эколого-водохозяйственный вестник. – Екатеринбург, 1996. – С. 91-99.

7. Эльпинер Л.И. О влиянии водного фактора на состояние здоровья населения России // Водные ресурсы. – 1995. – т.22. – №4. – С. 418-425.

Раздел 4. Методы очистки сточных вод

Лекция 14. Классификация методов очистки и обезвреживания сточных вод. Механическая очистка

Для защиты водных объектов от загрязнения применяются достаточно сложные технологии очистки сточных вод. Даже в системе оборотного водоснабжения требуется очистка сточных вод. К тому же полного оборота вод на производстве не достиг еще никто, поэтому сброс в водный объект всегда имеет место. Однако в настоящее время уровень технологий очистки сточных вод таков, что большая их часть сбрасывается недостаточно очищенными.

Совершенствование схем очистки базируется на глубоком исследовании состава сточных вод с учетом его разнообразия и изменчивости. Именно от состава сточных вод зависит выбор методов очистки.

1. Классификация методов очистки от примесей различной дисперсности

Загрязнители сточных вод делятся на физические, биологические и химические. В свою очередь химические загрязнители делятся на:

- биологически нестойкие органические соединения;
- малотоксичные неорганические соли;
- нефтепродукты;
- биогенные соединения;
- вещества со специфическими токсичными свойствами, в том числе тяжелые металлы и неразлагающиеся органические вещества.

Выбор схемы очистки сточных вод определяется также следующими факторами:

1. количество различных видов сточных вод;
2. экономическая целесообразность извлечения примесей;
3. требование к качеству очищенной воды;
4. качество свежей воды и характер водного объекта.

Для очистки сточных вод применяются следующие методы:

1. механические (отстаивание, фильтрация, центрифугирование и т.д.);
2. химические (нейтрализация, осаждение и т.д.);
3. физико-химические (сорбция, флотация, экстракция и т.д.);
4. электрохимические (электрофлотация, электрокоагуляция, электролиз);
5. биологические (использование биогеоценозов для окисления и разложения органических загрязнителей до простых неорганических);
6. специальные (термические методы обеззараживания, методы уничтожения, захоронение и т.д.).

При выборе метода очистки сточных вод используют различные их классификации.

2. Классификации сточных вод

К настоящему времени разработано несколько классификаций сточных вод. Различия между ними обусловлены различными критериями, положенными в основу.

Общепринятой считается классификация сточных вод, разработанная во ВНИИ ВОДГЕО.

Сточные воды, отводимые с территории промышленных предприятий, могут быть разделены на три вида:

- производственные (использованные в технологическом процессе или формирующиеся при добыче полезных ископаемых);

- бытовые (поступающие от санитарных узлов производственных и непроизводственных корпусов и зданий, а также от душевых установок);
- атмосферные (дождевые и образующиеся при таянии снега).

Различают две основные категории производственных сточных вод - загрязненные и незагрязненные (условно чистые). По концентрации загрязняющих веществ производственные сточные воды делятся на четыре группы: 1-500, 500-5000, 5000-30000, более 30000 мг/л.

По степени агрессивности эти воды разделяют на слабоагрессивные (слабокислые с $\text{pH}=6-6,5$ и слабощелочные с $\text{pH}=8-9$), сильноагрессивные (сильнокислые с $\text{pH}<6$ и сильнощелочные с $\text{pH}>9$), неагрессивные ($\text{pH}=6,5-8$).

Одна из наиболее распространенных классификаций основана на учете принципа допустимости использования вод в оборотном водоснабжении:

Группа А. Это сточные воды, применяемые для общей системы оборотного водоснабжения, не содержат растворенных нелетучих кислот, солей, оснований неорганического происхождения и содержат такую органику, которая окисляется кислородом воздуха (это сточные воды от охлаждения конденсаторов, насосов, узлов); они могут сбрасываться в коллекторы водной системы через местные отстойники.

Группа Б. Эти сточные воды не могут непосредственно сбрасываться в оборотную систему. Они загрязнены нелетучими органическими и неорганическими примесями стойкими к кислороду воздуха. Эта группа Б подразделяется на 4 подгруппы, которая называется классификацией Гусева:

1. Сточные воды, содержащие неорганические примеси со специфическими токсичными веществами. Источник их образования: предприятия цветной и черной металлургии. В состав сточных вод входят соли, кислоты, металлы, гидроксиды. Этот тип сточных вод влияет на здоровье людей, на общесанитарный и органолептический лимитирующий показатель вредности (ЛПВ). Сюда же относятся радиоактивные сточные воды.

2. Сточные воды, содержащие минеральные примеси без специфических токсичных веществ. Источник образования: углеобогащительные фабрики и обогащительные рудные фабрики. Считаются вредными.

3. Сточные воды, содержащие примеси органической природы со специфическими свойствами. Источники образования: химические, нефтехимические, гидролизные заводы, заводы по переработке пластмасс. Характер загрязнения - высокотоксичные вещества органической природы. Влияние их проявляется как и в первой подгруппе, но больше всего влияние оказывается на органолептические лимитирующие показатели вредности.

4. Сточные воды, содержащие органические примеси без специфических токсичных веществ. Источники образования: пивоваренные, дрожжевое, крахмальное, сахарное производства. Влияние их проявляется в следующем: они, как и в третьей подгруппе, создают дефицит кислорода в водном объекте после их сброса.

3. Классификация примесей сточных вод

Широкое распространение получила классификация примесей сточных вод по их фазовому и дисперсному составу (Классификация Л.А.Кульского).

Суть классификации: физико-химические свойства примесей, влияющих на выбор метода очистки сточных вод, определяются в основном фазово-агрегатным состоянием примесей и их дисперсностью. Основные положения ее:

1. Фазово-дисперсная характеристика веществ полностью определяет поведение их в воде и отношение к вводимым реагентам.

2. Каждому фазово-дисперсному составу примеси соответствует конкретный прием и метод очистки стоков.

3. Способность многих веществ в воде изменять свое фазово-дисперсное состояние под влиянием различных факторов делает возможным регулировать процесс очистки сточных вод.

4. Поскольку форма примесей влияет на характер протекающих процессов, то можно использовать различные признаки, присущие ионам, молекулам или коллоидам.

Все примеси и сточные воды по классификации Л.А.Кульского подразделяются на 4 группы (табл. 11).

Таблица 11

Классификация примесей промышленных сточных вод по их фазовому и дисперсному состоянию

Группа	Размер частиц, м	Краткая характеристика
Гетерогенные системы		
Взвеси	$> 10^{-7}$	Суспензии и эмульсии, микроорганизмы и планктон. Обуславливают мутность воды
Коллоидные растворы	$10^{-7} - 10^{-9}$	Золи и растворы высокомолекулярных соединений, обуславливающих окисляемость и цветность воды
Гомогенные системы		
Молекулярные растворы	$10^{-9} - 10^{-10}$	Растворенные газы, органические соединения, придающие воде запахи и вкусы
Ионные растворы	$< 10^{-10}$	Соли, основания, кислоты, обуславливающие минерализованность, жесткость, щелочность и кислотность воды

Сточные воды **первой группы** очищаются в основном от грубодисперсных примесей применением следующих методов: отстаивание, фильтрование

(вода очищается прохождением через фильтрующий слой за счет силы тяжести), фильтрация (принудительное или напорное пропусканием сточной воды через фильтрующий слой), флотация, осветление во взвешенном слое осадка, центробежные методы (гидроциклонирование, центрифугирование, сепарация).

Вторая группа сточных вод очищается в основном от тонкодисперсных твердых примесей и коллоидов. Поэтому применяются: коагуляция, флокуляция, электрокоагуляция, электрофлотация.

Очистка от растворенных примесей. Здесь процессы идут более сложные и зачастую нельзя их подразделить по группам. Поэтому применяется другая классификация методов очистки:

1.очистка от минеральных примесей: дистилляция, ионный обмен, обратный осмос и ультрафильтрация, электрические методы, вымораживание, реагентные методы (нейтрализация, осаждение) адсорбция на твердых сорбентах, ионная флотация и экстракция.

2.очистка от органических примесей:

а) регенеративные методы: экстракция, ректификация, ионный обмен, автосорбция, ионная флотация

б) деструктивные методы: биологическое окисление, жидкофазное окисление, парофазное окисление, озонирование, хлорирование, радиационное окисление, электрохимическое окисление.

3.очистка от газов: отдувка, нагрев, реагентные методы, абсорбция.

4.специфические методы: захоронение, закачка в отработанные скважины, захоронение в глубинные районы морей, термообезвреживание.

4. Механическая очистка производственных сточных вод

Механическая очистка применяется для выделения из сточной воды нерастворенных минеральных и органических примесей. Как правило, механическая очистка обеспечивает выделение взвешенных веществ из вод до 90-95% и снижение органических загрязнений на 20-25%.

Продукт, который получается при удалении взвешенных веществ из сточных вод, называется осадок.

Выбор метода очистки от вредных взвешенных веществ определяется следующими факторами:

- дисперсность частиц;
- физико-химические свойства частиц;
- концентрация частиц;
- расход сточных вод;
- требуемая степень очистки сточных вод.

Основные методы удаления взвешенных веществ: процеживание, отстаивание, фильтрация, центрифугирование.

Высокий эффект очистки сточных вод достигается различными способами интенсификации гравитационного отстаивания – предаэрацией, биокоагуляцией, осветлением во взвешенном слое (отстойники-осветлители) или в тонком слое (тонкослойные отстойники), а также с помощью гидроциклонов.

Процесс более полного осветления сточных вод осуществляется фильтрованием – пропусканием воды через слой различного зернистого материала (кварцевый песок, гранитный щебень, дробленый антрацит и керамзит, горелые породы, чугунолитейные шлаки и др. материалы) или через сетчатые барабанные фильтры и микрофильтры, через высокопроизводительные напорные фильтры и фильтры с плавающей загрузкой – пенополиуретановой или пенополистирольной. Преимущества указанных процессов заключаются в возможности применения их без добавления химических реагентов.

Краткая характеристика способов механической очистки производственных сточных вод

1. Процеживание. Основными аппаратами для процеживания являются решетки. Решетки устанавливают на очистных станциях при поступлении на них сточных вод самотеком.

Необходимо отметить, что решетки ставятся для извлечения из сточных вод крупных частиц размером более 10 мм. Все более мелкие частицы движутся со сточной водой на предварительное отстаивание.

2. Отстаивание. Метод отстаивания подразделяется на 2 группы:

- осветление в поле гравитационных сил;
- осветление в поле центробежных сил.

Для осветления в поле гравитационных сил используют песколовки и отстойники.

Песколовки задерживают 40-50% взвешенных веществ с определенной гидравлической крупностью. Гидравлической крупностью называется скорость оседания взвешенных частиц в поле гравитационных сил. Измеряется в мм/сек.

Песколовки подразделяются на:

- вертикальные;
- горизонтальные с прямолинейным или круговым движением воды;
- аэрируемые;
- тангенциальные.

Вертикальные песколовки имеют линейную скорость 0,03-0,04 м/сек, продолжительность пребывания потока в рабочей зоне 2-2,5 мин, а гидравлическая крупность – до 25 мм/сек.

Горизонтальные песколовки работают на больших скоростях 0,15-0,3 м/сек, продолжительность пребывания в рабочей зоне около 1 мин.

Аэрируемые песколовки применяются для выделения содержащихся в сточной воде минеральных частиц гидравлической крупностью 13-18 мм/сек. Скорость движения сточных вод составляет 0,08-0,12 м/сек.

Отстойники делятся на 2 типа: периодического и непрерывного действия. Типы аппаратов отстойников непрерывного действия: вертикальные, горизонтальные, радиальные.

3. Фильтрация.

Существует два способа фильтрации:

- через слой зернистой загрузки;

- через фильтровальную перегородку.

Первый способ фильтрации заключается в следующем: через слой зернистой загрузки пропускается вода, содержащая взвешенные частицы. При этом происходит отложение взвешенных частиц в порах фильтрующего материала и отложение на поверхности этого материала.

Механизм удержания взвешенных веществ - это молекулярное взаимодействие (прилипание) и кулоновское (электрическое) взаимодействие. Эффект очистки взвешенных частиц определяется соотношением сил сцепления и отрыва от фильтрующего материала.

По скорости фильтрации фильтры делятся на медленные (со скоростью фильтрации менее 0,5 м/час), скорые (от 2 до 15 м/час) и сверхскорые фильтры (более 25 м/час).

Также они подразделяются на открытые и закрытые, на напорные и безнапорные, а по размерам загрузки верхнего слоя на мелкозернистые (диаметр частиц до 0,4 мм), среднезернистые (0,4-0,8 мм) и крупнозернистые (более 0,8 мм).

Требования к фильтрующим материалам:

- наличие определенного фракционного состава;
- механическая прочность на истирание и измельчение;
- химическая стойкость к воде и примесям;
- доступность и невысокая стоимость.

Конструкции фильтрующих аппаратов могут быть с нисходящими потоками воды и восходящими.

4. Гидроциклоны. Принцип действия гидроциклонов основан на сепарации частиц твердой фазы во вращающемся потоке жидкости. Величина скорости сепарирования частицы в поле гидроциклона может превышать скорость оседания эквивалентных частиц в поле гравитации в сотни раз.

К основным преимуществам гидроциклонов следует отнести:

- высокую удельную производительность по обрабатываемой суспензии;

- сравнительно низкие расходы на строительство и эксплуатацию установок;

- отсутствие вращающихся механизмов, предназначенных для генерирования центробежной силы; центробежное поле создается за счет тангенциального ввода сточных вод;

- возможность создания компактных автоматизированных установок.

Для очистки производственных сточных вод от мелкодисперсных примесей применяют осадительные центрифуги и жидкостные сепараторы.

Таким образом, механическая очистка сточных вод применяется для их очистки от взвешенных веществ. Назначение механической очистки в основном заключается в подготовке производственных сточных вод к биологической, физико-химической и другой более тонкой очистке

При подготовке лекции были использованы следующие источники:

1. Глубокая очистка и повторное использование сточных вод: Обзорная информация.- М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1974.- 64 с.

2. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев: Наук. Думка, 1980. – 564 с.

3. Липунов И. Н. Основы химии и микробиологии природных и сточных вод / Урал. гос. лесотех. акад.: Учебное пособие. - Екатеринбург, 1995.- 212 с.

4. Рыбаков Ю.С., Лугаськова Н.В. Лекции по курсу «Экология»: учебное пособие. – Екатеринбург: УрГУПС, 2003 . – 104 с.

5. Черняев А.М., Прохорова Н.Б. Водные ресурсы, их использование и охрана. – Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002. – 300 с.

Лекция 15. Химические и физико-химические методы очистки сточных вод

1. Химические методы очистки сточных вод

К химическим методам очистки сточных вод относятся нейтрализация, окисление, электрохимическая обработка, осаждение.

Химическая очистка может применяться как самостоятельный метод перед подачей производственных сточных вод в систему оборотного водоснабжения, а также перед спуском их в водоем или городскую канализационную сеть. Применение химической очистки в ряде случаев целесообразно перед биологической или физико-химической очисткой. Химическая обработка находит применение также и как метод глубокой очистки производственных сточных вод с целью их дезинфекции, обесцвечивания или извлечения из них различных компонентов.

Нейтрализация. Производственные сточные воды от технологических процессов многих отраслей промышленности содержат щелочи и кислоты. Большинство кислых сточных вод содержат соли тяжелых металлов, которые необходимо выделить из этих вод. Поэтому с целью предупреждения коррозии материалов канализационных сооружений, нарушения биохимических процессов в биологических окислителях и водоемах, а также осаждения из сточных вод солей тяжелых металлов кислые и щелочные стоки подвергают нейтрализации.

Реакция нейтрализации – это химическая реакция между веществами, имеющими свойства кислоты и основания, которая приводит к потере характерных свойств обоих соединений. Наиболее типичная реакция нейтрализации в водных растворах происходит между гидратированными ионами водорода и ионами гидроксида, содержащимися соответственно в сильных кислотах и основаниях:



В результате рН среды приближается к 7.

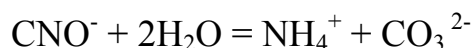
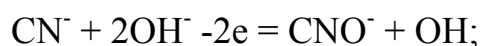
При химической очистке применяют следующие способы нейтрализации:

- взаимная нейтрализация кислых и щелочных вод;
- нейтрализация реагентами (растворы кислот, негашеная известь, гашеная известь, кальцинированная сода, каустическая сода, аммиак);
- фильтрование через нейтрализующие материалы (известь, известняк, доломит, магнезит, мел;
- в последнее время предложен способ нейтрализации щелочных вод дымовыми газами, содержащими CO_2 , SO_2 , NO_2 и др.

Окисление. Окислительный метод очистки применяют для обезвреживания производственных сточных вод, содержащих токсичные примеси, например, цианиды KCN , или соединения, которые нецелесообразно извлекать из сточных вод, а также очищать другими методами (сероводород, сульфиды).

В узком смысле окисление – реакция соединения какого-либо вещества с кислородом, а в более широком – всякая химическая реакция, сущность которой состоит в отнятии электронов от атомов или ионов. В практике обезвреживания сточных вод в качестве окислителя используют хлор, гипохлорит кальция или натрия, хлорную известь, диоксид хлора, озон, технический кислород и кислород воздуха.

Окисление активным хлором. Окисление ядовитых цианид-ионов CN^- осуществляется путем перевода их в нетоксичные цианаты CNO^- , которые затем гидролизуются с образованием ионов аммония и карбонатов:



Электрохимические методы очистки основаны на электролизе производственных сточных вод. Основу составляют два процесса: анодное окисление и катодное восстановление.

Осаждение. При этой операции получают нерастворимые осадки, которые затем могут быть захоронены либо использованы, например, в металлургической или другой промышленности.

2. Физико-химические методы очистки сточных вод

К физико-химическим методам очистки относятся: коагуляция, флокуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен, гиперфильтрация, ультрафильтрация, диализ, эвапорация, термоокисление, выпаривание, испарение, кристаллизация, высаливание, вымораживание, магнитная обработка, а также методы, связанные с наложением электрического поля – электрокоагуляция, электрофлотация и другие.

Коагуляция – это слипание частиц коллоидной системы при их столкновении в процессе теплового движения, перемешивания или направленного перемещения во внешнем силовом поле. В результате коагуляции образуются агрегаты – более крупные (вторичные) частицы, состоящие из скопления мелких (первичных). Первичные частицы в таких агрегатах соединены силами межмолекулярного взаимодействия непосредственно или через прослойку окружающей дисперсной среды. Коагуляция сопровождается прогрессирующим укрупнением частиц и уменьшением общего их числа в объеме дисперсной среды. Слипание однородных частиц называется гомокоагуляцией, а разнородных – гетерокоагуляцией.

Производственные сточные воды в большинстве случаев представляют собой слабоконцентрированные эмульсии или суспензии, содержащие коллоидные частицы размером 0,001-0,1 мкм, мелкодисперсные частицы размером 0,1-10 мкм, а также частицы размером 10 мкм и более. В процессе механической очистки из сточных вод достаточно легко удаляются частицы размером 10 мкм и более, мелкодисперсные частицы и коллоидные практически не удаляются. Поэтому их надо укрупнять. Для этих целей применяют коагуляцию.

Для очистки сточных вод применяют следующие коагулянты:

- соли алюминия: сульфат алюминия (глинозем), алюминат натрия, оксихлорид алюминия, полихлорид алюминия, алюмокалиевые и алюмоаммонийные квасцы;

- соли железа: сульфат двухвалентного железа, гидроксид железа, хлорид железа, сульфат трехвалентного железа;
- соли магния: хлорид магния, сульфат магния;
- известь;
- шламовые отходы и отработанные растворы отдельных производств, содержащие перечисленные выше реагенты.

Количество коагулянта зависит от его вида, расхода, состава и требуемой очистки воды и определяется экспериментально.

Однако коагуляция, идущая с применением неорганических коагулянтов, имеет ряд недостатков, к которым относятся: неуправляемость процесса и малая эффективность работы аппаратуры, связанная с медленным гидролизом коагулянтов и малой скоростью хлопьеобразования. Поэтому стали применять процесс флокуляции.

Флокуляцией называется процесс, при котором мелкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии, под влиянием специально добавляемых неорганических и органических веществ – флокулянтов образуют интенсивно оседающие рыхлые хлопьевидные скопления.

Флокулянты – линейные органические полимеры с очень высокой молекулярной массой. Схема образования агрегата при флокуляции носит название мостиковая модель. Механизм флокуляции следующий:

- 1) закрепление концов макромолекул на поверхности частиц;
- 2) адсорбция сегментов молекул на вакантных участках частиц.

Наиболее эффективно процесс идет, когда размеры частиц соизмеримы с размером молекул. В других случаях эффективность флокуляции уменьшается.

Типы флокулянтов.

- неорганические флокулянты – активная кремниевая кислота или жидкое стекло;
- вещества, получаемые из растительного сырья – крахмал, эфиры;
- синтетические органические флокулянты – полиакриламид, полиэтиленамин.

Коагуляция и флокуляция происходят в специальных камерах смешения, после которых осуществляются те или иные механические методы очистки.

Сорбция – это процесс поглощения вещества из окружающей среды твердым телом или жидкостью. Поглощающее тело называется сорбентом, а поглощаемое – сорбатом.

Различают поглощение вещества всей массой жидкого сорбента (**абсорбция**) и поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента (**адсорбция**). Сорбция, сопровождающаяся химическим взаимодействием сорбента с поглощаемым веществом, называется **хемосорбцией**.

Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических и ряда неорганических веществ из сточных вод. Она весьма эффективна для извлечения из сточных вод ценных растворенных веществ с их последующей утилизацией и использованием очищенных сточных вод в системе оборотного водоснабжения.

В качестве сорбентов применяют различные искусственные и природные пористые материалы: золу, коксовую мелочь, торф, силикагели, алюмогели, активные глины. Эффективными сорбентами являются активированные угли различных марок.

Активность сорбента характеризуется количеством поглощаемого вещества на единицу объема или массы сорбента (кг/т). Она колеблется в пределах от 1 до 50 кг/т.

Процесс сорбции может осуществляться в статических условиях, при которых частица жидкости не перемещается относительно частицы сорбента (аппараты с перемешивающими устройствами), а также в динамических условиях, при которых частица жидкости перемещается относительно сорбента. Поэтому различают статическую и динамическую активность сорбента. При этом динамическая активность составляет 45-90% относительно статической.

Сорбционная очистка может быть регенеративной, когда извлеченные вещества утилизируются или десорбируются, или деструктивной, когда извлеченные вещества уничтожаются. В зависимости от назначения сорбционной

очистки применяются различные методы регенерации сорбента или его уничтожения.

Для извлечения сорбированных веществ могут быть использованы экстрагирование органическим растворителем, изменение степени десорбции слабого электролита в равновесном растворе, отгонка адсорбированного вещества с водяным паром, испарение адсорбированного вещества током инертного газообразного теплоносителя.

При деструктивной очистке обычно применяют термические или окислительные методы. При применении термического метода следует учитывать потери сорбента (так, потери активированного угля составляют 5-10%).

Одним из видов сорбции является ионный обмен. Ионообменная сорбция – процесс обмена между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы – ионита.

Очистка сточных вод методом ионного обмена позволяет извлекать и утилизировать ценные примеси, ПАВ, радиоактивные вещества, очищать сточную воду до ПДК с последующим использованием ее в технологических процессах или в системах оборотного водоснабжения.

По знаку обменивающихся ионов иониты делятся на катиониты и аниониты. Ведущая роль принадлежит синтетическим органическим ионитам – ионообменным смолам, которые подразделяются на следующие виды:

- сильнокислотные катиониты, содержащие сульфогруппы и сильноосновные аниониты, содержащие четвертичные аммониевые основания;
- слабокислотные катиониты, содержащие карбоксильные и фенольные группы, диссоциирующие при $\text{pH} > 7$, а также слабоосновные аниониты, содержащие аминогруппы, диссоциирующие при $\text{pH} < 7$;
- иониты смешанного типа, проявляющие свойства смеси сильных и слабых кислот или оснований.

Процессы ионообменной очистки сточных вод осуществляются в аппаратах периодического (фильтрах) и непрерывного действия, примерно таких же, как при сорбционной очистке.

Флотация – процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела двух фаз, обычно газа (чаще воздуха) и жидкости, обусловленный избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а также поверхностными явлениями смачивания.

Процесс очистки сточных вод, содержащих ПАВ, нефть, нефтепродукты, масла, волокнистые материалы, методом флотации заключается в образовании комплексов «частицы-пузырьки», всплывании этих комплексов и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой жидкости. Прилипание частицы к поверхности газового пузырька возможно только тогда, когда наблюдается несмачивание или плохое смачивание частицы жидкостью.

В практику очистки производственных сточных вод стала внедряться **электрофлотация**. От обычной флотации она отличается тем, что пузырьки тонкодиспергированного газа образуются в процессе электролиза обрабатываемой воды.

Экстракция. При относительно высоком содержании в производственных сточных водах растворенных органических веществ, представляющих техническую ценность (например, фенолы и жирные кислоты), эффективным методом очистки является экстракция органическими растворителями – экстрагентами. Этот метод основан на распределении загрязняющего вещества в смеси двух взаимонерастворимых жидкостей соответственно его растворимости в них. Отношение взаимно уравнивающихся концентраций в двух несмешивающихся растворителях при достижении равновесия является постоянным и называется коэффициентом распределения (K_p):

$$K_p = C_э / C_{воды} = const.$$

После достижения равновесия концентрация экстрагируемого вещества в экстрагенте значительно выше, чем в сточной воде. После экстракции вода и насыщенный экстрагент разделяются. Затем сконцентрированное в экстрагенте вещество отделяется от растворителя и может быть утилизировано. Экстрагент после этого используется вновь в технологическом процессе очистки.

Электродиализ – процесс сепарации ионов солей, осуществляемый в мембранном аппарате под действием постоянного электрического тока, применяемый для опреснения высокоминерализованных сточных вод. Электродиализатор разделен чередующимися катионитовыми и анионитовыми мембранами, образующими концентрирующие (рассольные) и обессоливающие (дилюатные) камеры. Под действием постоянного тока катионы, двигаясь к катоду, проникают через катионитовые мембраны, но задерживаются анионитовыми, а анионы, двигаясь в направлении анода проходят через анионитовые мембраны, но задерживаются катионитовыми.

Обратный осмос (гиперфильтрация) – непрерывный процесс молекулярного разделения растворов путем их фильтрования под давлением через полунепроницаемые мембраны, задерживающие полностью или частично молекулы или ионы растворенного вещества. При приложении давления выше осмотического (равновесного) осуществляется перенос растворителя в обратном направлении (от раствора к чистому растворителю через мембрану) и обеспечивается достаточная селективность очистки. Необходимое давление, превышающее осмотическое, составляет при концентрации солей 2-5 г/л 0,1-1 МПа и при концентрации солей 20-30 г/л – 5-10 МПа.

Ультрафильтрация – мембранный процесс разделения растворов, осмотическое давление которых мало. Этот метод используется при отделении сравнительно высокомолекулярных веществ, взвешенных частиц, коллоидов. Ультрафильтрация по сравнению с обратным осмосом – более высокопроизводительный процесс, так как высокая производительность мембран достигается при давлении 0,2-1 Мпа.

Томским НИИ интроскопии и Институтом проблем ЖКХ (г.Томск) создана установка для очистки сточных вод, где используется электрофизическое воздействие на химические и бактериальные загрязнители. Очистка и обеззараживание сточных вод достигаются за счет электрогазоимпульсного взрыва при комплексном воздействии магнитного поля, гидроудара, ультразвуковых возмущений, ультрафиолетового облучения и высокой температуры. При элек-

троискровом разряде создается давление, способствующее образованию озона и растворению озонсодержащего воздуха в обрабатываемой воде. Это приводит к деструкции и окислению органических веществ и ускоряет протекание окислительно-восстановительных реакций с неорганическими загрязнителями восстановительного характера. Ультразвук способствует ускорению процессов диффузии, растворения, повышению скорости протекания химических реакций, разрушению твердых и жидких крупнодисперсных и коллоидных частиц, микроорганизмов. Испытание электроплазменной установки в промышленных условиях показало, что при ее работе значительно улучшаются показатели состава сточных вод: снижается ХПК, БПК, содержание нефтепродуктов, жиров, железа, колииндекс и общее микробное обсеменение.

В настоящее время разрабатываются и предлагаются системы контроля и управления очистными сооружениями. Для снижения энергозатрат, улучшения качества очистки воды, предупреждения аварийных ситуаций, снижения затрат на ремонт и обслуживание оборудования, облегчения работы технологов, анализа и прогнозирования технико-экономических показателей НПФ “Экополимер” предлагает компьютерную систему контроля и управления станциями очистки природных и сточных вод. Система базируется на компьютерных технологиях и оборудовании ведущих зарубежных фирм и работает в режиме реального времени. Система позволяет оптимизировать кислородный режим в аэротенках, управлять процессом промывки скорых фильтров, вести рабочий и лабораторный журнал, составлять сводные отчеты.

Таким образом, для снижения степени влияния различных источников загрязнения на водные объекты необходимо совершенствовать технологии очистки сбрасываемых сточных вод, применять современные методы обработки загрязненных стоков и образующихся в процессе производства отходов, использовать наилучшие имеющиеся технологии в области охраны окружающей среды.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Глубокая очистка и повторное использование сточных вод: Обзорная информация.- М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1974.- 64 с.
2. Кульский Л.А., Левченко Т.М., Петрова М.В. Химия и микробиология воды. – Киев: Вища школа, 1976.
3. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев: Наук. Думка, 1980. – 564 с.
4. Липунов И. Н. Основы химии и микробиологии природных и сточных вод / Урал. гос. лесотех. акад.: Учебное пособие. - Екатеринбург, 1995.- 212 с.
5. Рыбаков Ю.С., Лугаськова Н.В. Лекции по курсу «Экология»: учебное пособие. – Екатеринбург: УрГУПС, 2003 . – 104 с.
6. Химия промышленных сточных вод. Пер. с англ. – М.: Химия, 1983. – 360 с.

Лекция 16. Биологические методы очистки производственных сточных вод

1. Биологическое окисление как метод очистки сточных вод

Биологическая очистка – крупномасштабный и наиболее распространенный способ очистки промышленных и хозяйственно-бытовых стоков. Метод основан на биологическом окислении органических и некоторых неорганических веществ в результате деятельности микроорганизмов, использующих примеси сточных вод как питательный субстрат. При этом образуются безвредные продукты окисления – вода, диоксид углерода, нитрат- и сульфат-ионы, а также биологическая масса (активный ил), включающая различные группы бактерий. Характеристикой глубины распада органических соединений при биологической очистке служит соотношение БПК/ХПК. Чем глубже биологическое окисление данной примеси, тем этот показатель выше. Удовлетворительно окисляются те вещества, для которых $\text{БПК/ХПК} \geq 0,6$ (например, альдегиды, органические спирты, кислоты, анилины и др.).

Биологическое окисление – широко применяемый на практике метод очистки сточных вод, позволяющий очистить от многих органических соединений. Процесс этот по своей сущности природный и его характер одинаков для процессов, протекающих в водоеме, очистном сооружении, склянке для определения БПК и т.д.

Биологическое окисление осуществляется сообществом микроорганизмов (биоценозом), включающим множество различных бактерий, простейших и ряд высокоорганизованных организмов, водорослей и грибов, связанных между собой в единый комплекс сложными взаимоотношениями (метабиоза, симбиоза и антагонизма). Главенствующая роль в этом сообществе принадлежит бактериям, число которых варьирует от 10^6 до 10^{14} клеток на 1 г сухой биомассы. Число родов бактерий может достигать 5-10, число видов – несколько десятков и даже сотен.

Среди бактерий в очистных сооружениях сосуществуют гетеротрофы и автотрофы. Гетеротрофы используют в качестве источника углерода готовые органические вещества и перерабатывают их для получения энергии и биосинтеза клетки. Автотрофные организмы потребляют для синтеза клетки неорганический углерод, а энергию получают за счет фотосинтеза, используя энергию света, либо хемосинтеза путем окисления некоторых неорганических соединений (например, аммиака, нитратов, солей двухвалентного железа, сероводорода, элементарной серы).

Механизм биологического окисления в аэробных условиях гетеротрофными микроорганизмами может быть представлен следующей схемой:

органические вещества + O₂ + N + P = CO₂ + H₂O + биологически неокисляемые растворенные вещества.

Примером окисления автотрофами в аэробных условиях может быть процесс нитрификации:



где C₅H₇NO₂ – символ состава органического вещества образующихся клеток микроорганизмов.

Реакцию осуществляют бактерии рода *Nitrosomonas*, при этом они переводят азот аммонийных солей в азот нитратов.

Анаэробный процесс денитрификации происходит в две стадии:



2. Влияние различных факторов на эффективность процессов биологической очистки

Эффективность процессов биологической очистки зависит от ряда факторов, так как жизнедеятельность и достаточно высокий коэффициент полезного действия микроорганизмов возможны только в определенных условиях. Поэтому биологическая очистка предполагает строгое соблюдение технологического

режима. Действие основных факторов, определяющих пропускную способность системы и степень очистки сточной воды, рассмотрено ниже.

Температура. Оптимальной температурой для аэробных процессов, происходящих в очистных сооружениях, считается 20-30°C.

Активная реакция среды. Концентрация водородных ионов существенно влияет на развитие микроорганизмов. Значительная часть бактерий лучше всего развивается в нейтральной среде. Поэтому биологическая очистка наиболее эффективна при рН от 5 до 9, оптимальной считается рН = 6,5-7,5.

Биогенные элементы. Для нормального процесса синтеза клеточного вещества, а следовательно, и для эффективного процесса очистки сточных вод в среде должна быть достаточная концентрация всех основных элементов питания – органический углерод, азот, фосфор. Кроме основных элементов состава клетки (С, N, O, H), для ее построения необходимы в незначительном количестве и другие компоненты: Mg, Cu, Zn, Mo, Se, Mn, Co, Ca, Na, K, Fe, CO_3^{2-} . Содержание указанных элементов в природных водах, из которых затем образуются сточные, обычно достаточно, чтобы полностью удовлетворить требованиям бактериального метаболизма. Часто не хватает азота и фосфора и их добавляют искусственно.

Для биологической очистки производственных сточных вод могут быть применены все известные методы очистки в естественных и искусственных условиях, в том числе и почвенные.

3. Методы биологической очистки сточных вод в естественных условиях

Почва – это сложный комплекс органических и неорганических веществ, заселенный большим числом различных микроорганизмов. В почве отсутствуют благоприятные условия для развития патогенной микрофлоры, паразитирующей в организме человека, вследствие чего почва представляет собой надежный и мощный фактор обезвреживания сточных вод. В результате почвен-

ной очистки одновременно решаются две основные задачи – минерализация внесенных органических веществ и обеззараживание.

Сооружения почвенной очистки сточных вод по мощности разделяют на малые (с расчетной пропускной способностью 0,5-700 м³/сут), средние (1400-80000 м³/сут) и крупные (100000-280000 м³/сут). К таким сооружениям относятся площадки подземной фильтрации, фильтрующие колодцы, песчано-гравийные фильтры, фильтрующие траншеи с естественным или искусственным слоем грунта, коммунальные поля орошения, земледельческие поля орошения и поля наземной фильтрации.

Применяют несколько видов систем орошения: сплошной залив, залив по бороздам и полосам, дождевание и подпочвенное орошение. Считают, что из всех способов орошения подпочвенное наиболее удовлетворяет эпидемиологическим, санитарно-техническим, агроэкономическим, эстетическим и водохозяйственным требованиям.

К сожалению, орошение сточными водами не позволяет достаточно эффективно очищать их от органических веществ и не исключает возможность загрязнения почвы и выращиваемых культур патогенными бактериями и яйцами гельминтов. В связи с этим почвенная очистка по масштабам применимости значительно уступает методам естественной очистки в искусственных сооружениях и методам искусственной биологической очистки.

Биологические пруды – искусственно созданные водоемы, в которых для очистки сточных вод используются естественные процессы. Эти пруды могут применяться как для очистки, так и для глубокой очистки сточных вод, прошедших биологическую очистку.

Различают пруды с естественной и искусственной аэрацией. Аэрация способствует улучшению деятельности микрофлоры, а также прямому окислению органики за счет кислорода воздуха.

В биологических прудах в очистке сточных вод принимают участие все организмы, населяющие водоем. Перед биологической очисткой сточные воды подвергают механической очистке, а после биологической (для удаления бо-

лезнетворных бактерий) и химической очистки, – хлорированию жидким хлором или хлорной известью. Для дезинфекции используют также другие физико-химические приемы (ультразвук, электролиз, озонирование и др.). Биологический метод дает лучшие результаты при очистке коммунально-бытовых отходов, а также отходов предприятий нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, производстве искусственного волокна.

Кроме окислительного действия микрофлоры и кислорода воздуха, значительное участие в очистке принимает высшая водная растительность, которая своей корневой системой сорбирует и поглощает органические и неорганические вещества-загрязнители. Кроме этого, водная растительность играет существенную роль в окислительных процессах, а также способствует снижению концентрации биогенных элементов и регулирует кислородный режим водоема.

Высшая водная растительность значительно ускоряет процесс самоочищения водоёмов от органических и биогенных веществ. Водные растения обладают способностью поглощать ионы тяжелых металлов. Они резко сокращают численность сапрофитных бактерий, о чём можно судить по количеству *E. coli*. Наблюдаемое явление объясняется повышенным содержанием кислорода в воде в результате реэрационной деятельности высших водных растений, которые через аэренхиму насыщают воду кислородом до концентрации 14 мг/л (оптимум кислородной потребности *E. coli* лежит ниже 10 мг/л). Отмечено также разложение фенола в присутствии высших водных растений. Растительность в водах, богатых ионами металлов, аккумулирует их в десятки и сотни раз больше, чем в случае природных вод с низким содержанием металлов.

Растения, используемые для очистки воды от ионов металлов, должны обладать высокой поглотительной способностью к ним, быть достаточно устойчивыми и неприхотливыми к изменениям гидрологического режима и химического состава воды.

Биогенная миграция микроэлементов относится к числу важных факторов, оказывающих влияние на их содержание в природных водах. Железо, марганец, цинк и медь входят в состав биокатализаторов, необходимых для жизне-

деятельности растений, а хром в малых концентрациях является для них элементом-стимулятором. Различные водные растения свободно накапливают железо, марганец, цинк, медь и хром.

Высшие водные растения в соответствии с характером их произрастания могут быть разделены на следующие группы: воздушно-водные, погружённые и свободноплавающие. Установлено, что накопление металлов в листьях растений постепенно повышается от группы воздушно-водных до группы свободноплавающих, в которых они содержатся в наибольшем количестве (табл. 12 и 13).

Таблица 12

Содержание микроэлементов в воздушно-водных растениях, мкг/кг сухого вещества

Растения	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr
Тростник обыкновенный <i>Phragmites communis</i>	680	560	6,5	50	0,7
Манник большой <i>Glyceria maxima</i>	2100	800	7,0	50	1
Рогоз широколистный <i>Typha latifolia</i>	280	1070	6,7	36	1,3

Различные микроэлементы обладают неодинаковой способностью аккумулироваться в водных растениях, т.е. имеют различный коэффициент биологического накопления.

Высокая степень поглощения свободноплавающими водными растениями микроэлементов должна способствовать удалению их из раствора. Однако жизненный цикл большинства свободноплавающих растений очень короток, и после их гибели и разложения микроэлементы частично вновь переходят в рас-

твор, а частично накапливаются в донных отложениях и могут служить источником вторичного загрязнения водоёмов.

Таблица 13

Содержание микроэлементов в свободноплавающих растениях, мкг/кг сухого вещества

Растения	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr
Роголистник погружённый <i>Ceratophyllum demersum</i>	3170	4300	22	235	3,1
Телорез обыкновенный <i>Statifolia aloides</i>	3170	4300	22	235	3,1

4. Методы биологической очистки сточных вод в искусственных условиях

Всю совокупность сооружений биологической очистки вод в искусственных условиях разделяют на три группы по признаку расположения в них активной биомассы (или активного ила):

- 1) когда активная биомасса закреплена на неподвижном материале, а сточная вода тонким слоем скользит по материалу загрузки;
- 2) когда активная биомасса находится в воде в свободном (взвешенном состоянии);
- 3) когда сочетаются оба варианта расположения биомассы.

Первую группу сооружений составляют биофильтры, вторую – аэротенки, циркуляционные окислительные каналы, окситенки, третью – погружные биофильтры, биотенки, аэротенки с заполнителями.

Биофильтры. Важнейшей составной частью биофильтра является грузочный материал. По его типу все биофильтры делятся на две категории: с объемной и плоской грузкой. Строго говоря, плоская грузка тоже объемная, хотя занимаемый ею объем невелик. Отсутствует принципиальная разница между биофильтрами, грузженными шлаком, гравием, керамзитом, пластмассовыми материалами. Важной составляющей любого биофильтра является создание условий для закрепления биомассы на его разветвленной поверхности и образование биопленки, которая способствует интенсивному окислению содержащихся в сточной воде органических веществ.

Биофильтры классифицируются на капельные и с объемной грузкой. Биофильтры с плоской грузкой делятся на категории по типу грузки: с жесткой засыпной, жесткой блочной и мягкой.

Особенно перспективными для использования в биофильтрах следует признать полуводные макрофиты, такие как тростник, рогоз, манник и др., которые ежегодно формируют большую вегетативную массу и поглощают из воды значительное количество различных загрязнений биологического и химического происхождения.

Преимущество этих биофильтров с высшей водной растительностью перед другими биологическими методами заключается в том, что при этом способе очистки воды корневая система растений используется на 100%.

Аэротенки. Их можно классифицировать по следующим признакам.

По структуре потока – аэротенки-вытеснители, аэротенки-смесители и аэротенки с рассредоточенным впуском сточной жидкости, так называемые аэротенки промежуточного типа.

По способу регенерации активного ила – аэротенки с отдельно стоящими регенераторами ила, аэротенки, совмещенные с регенераторами.

По числу ступеней – одно-, двух- и многоступенчатые.

По конструктивным признакам – прямоугольные, круглые, комбинированные, противоточные, шахтные, фильтротенки, флототенки и др.

По типу систем аэрации – с пневматической, механической, комбинированной гидродинамической или пневмомеханической.

Окситенки. Это сооружения биологической очистки, в которых вместо воздуха используется технический кислород или воздух, обогащенный кислородом.

Погружные биофильтры состоят из вращающегося вала с насаженными на нем дисками и резервуара со сточной водой, в которую диски погружаются на $1/3-1/2$ своего диаметра. Диски изготавливаются из легкого материала и располагаются на расстоянии 10-20 см друг от друга. Число пластин на валу от 20 до 200. Диаметр дисков 0,5-3 м. Частота вращения вала около 1 оборота в минуту. Сточная вода протекает по резервуару с различной скоростью в зависимости от требуемой степени очистки. На дисках нарастает биопленка толщиной до 4 мм. Поочередно погружаясь в воду и выходя из нее, биопленка извлекает загрязнения и окисляет их с помощью кислорода, который она получает непосредственно из атмосферы. Отмершая часть биопленки попадает в воду, выносятся ею во вторичный отстойник. Кроме биопленки, в очистке принимает участие и активный ил, развивающийся в резервуаре из-за продолжительного нахождения жидкости в нем.

В МосводоканалНИИпроект разработана технологическая схема глубокой очистки сточных вод, основанная на комплексном использовании взвешенных (в свободном объеме) и прикрепленных (в заполняемом носителем объеме) микроорганизмов, потребляющих органический субстрат в аэробных и анаэробных условиях. Это позволяет сократить объемы сооружений, повысить скорость прохождения биохимических реакций, осуществить более глубокую очистку (по сравнению с полной биологической очисткой) в тех же объемах сооружений и без дополнительного увеличения расхода воздуха.

Московским институтом коммунального хозяйства и строительства и Волгоградской архитектурно-строительной академией разработаны и исследованы аэротенки периодического действия с постоянным уровнем жидкости - циклотенки. Циклотенки внедрены на II очереди очистных сооружений

г.Волжского, которые принимают стоки, отличающиеся значительными колебаниями концентрации загрязнений. Применение циклотенков позволяет значительно интенсифицировать процесс биохимического окисления органических загрязнений сточных вод и добиться повышения качества очищенного стока при минимальных расходах на реконструкцию действующих сооружений, уменьшении капитальных затрат на вновь строящихся станциях и снижении затрат на электроэнергию при эксплуатации сооружений. Принципиальными достоинствами циклотенка являются:

- простота конструкции;
- возможность достижения повышенного качества очистки и решения проблемы труднооседающих активных илов за счет увеличения концентрации активного ила и отстаивания иловой смеси в покое;
- возможность ведения параллельно с основными этапами очистки процессов денитрификации и дефосфации;
- устойчивая работа сооружения в условиях значительных колебаний состава и количества сточных вод.

Биоинженерные системы - гидравлически объединенные сооружения, обеспечивающие последовательную доочистку сточных вод биоценозом из высшей водной растительности до уровня, допускающего сброс последних в водные объекты. Необходимость разработки биоинженерных технологий, основным элементом которых являются сооружения с биологической загрузкой из высших водных растений, обусловлена недостаточной эффективностью очистки сточных вод промышленности и коммунального хозяйства, а также значительной дороговизной существующих реагентных методов доочистки.

Важнейшим элементом таких систем является биоинженерное сооружение, предназначенной для очистки сточных вод, основанной на процессах, которые происходят при самоочищении водных масс водоемов. В биоинженерном сооружении, благодаря биоманипуляции, направленной на усиление роли высшей водной растительности в структуре биоценоза, интенсифицируются внутриводоемные процессы, что обеспечивает более эффективное самоочищение

водных масс от химических ингредиентов как за счет декструкции последних, так и за счет их поглощения биологической нагрузкой.

Использование биоинженерных систем имеет весьма широкие перспективы, так как в них осуществляется не только доочистка сточных вод промышленности и коммунального хозяйства, но и очистка рассредоточенного стока, а также очистка воды от компонентов, появившихся в водном объекте как результат вторичного загрязнения (например, от фитопланктона).

5. Использование ферментов для биологической очистки воды

Существует два пути интенсификации биологической очистки воды: использование адаптированных, высокоактивных штаммов микроорганизмов и применение ферментов для очистки воды. Необходимо подчеркнуть, что это не альтернативные, а дополняющие друг друга пути.

Во-первых, реальным единственным источником ферментов, способных катализировать реакции трансформации трудноразрушаемых веществ или ксенобиотиков, может быть только биомасса микроорганизмов – деструкторов этих соединений.

Во-вторых, ферментная обработка стоков приводит не к полному разрушению, а лишь к частичному изменению отдельных химических соединений, наиболее опасных для окружающей среды, к их обезвреживанию, дальнейшая же, окончательная минерализация образовавшихся продуктов ферментных реакций обеспечивается деятельностью соответствующих микроорганизмов.

Ферменты микроорганизмов разделяют на три группы: ферменты подготовительного (периферийного) метаболизма, ключевого (центрального) и ферменты конструктивного метаболизма.

Наибольший интерес для нас представляют ферменты подготовительного метаболизма. Именно они приводят все разнообразие органических соединений к нескольким десяткам веществ центрального, ключевого метаболизма.

Ферменты подготовительного метаболизма, в отличие от ферментов ключевого и конструктивного, не конститутивные, а индуктивные и синтезируются только тогда, когда в среде есть подходящий субстрат, превращаемое вещество, индуктор. Они менее специфичны. Именно отсутствием строгой специфичности ферментов подготовительного метаболизма можно объяснить, почему не встречавшиеся ранее в природе синтетические органические вещества-ксенобиотики подвергаются метаболизму микробов.

Опыты свидетельствуют о том, что ферменты, катализирующие реакции трансформации ксенобиотиков, в том числе синтетических антибиотиков, находятся обычно в периплазме клеток – между клеточной стенкой и цитоплазматической мембраной. Такое размещение в клетке этих ферментов биологически наиболее целесообразно и оправданно: ведь подавляющее большинство ксенобиотиков обладает повышенной реакционной способностью, и такие вещества при проникновении внутрь клетки могли бы доставлять ей много хлопот и неприятностей. Поэтому для того, чтобы выжить в борьбе с чужеродными, ядовитыми соединениями, микробная клетка должна трансформировать, обезвредить эти вещества на ближних доступах к важнейшим своим образованиям, в том числе таким, как цитоплазматическая мембрана.

Природные воды содержат ферменты в свободном, активном состоянии. Часть из них является экзоферментами, выделяемыми живыми бактериями и водорослями, другая – освобождается в процессе автолиза клеток. Такие биокатализаторы играют определенную роль в превращении и деструкции органических веществ. Каталитическая активность многих ферментов (дегидрогеназы, протеазы, уреазы, фосфатазы, катализы) в сооружениях по очистке стоков коррелирует с важнейшими показателями биологической очистки воды: активным илом и анаэробными микроорганизмами. Эти данные свидетельствуют о возможности функционирования ферментов в воде при ее очистке.

Использование закрепленных биокатализаторов, микроорганизмов – это магистральное направление в очистке промышленных сточных вод. Особенно перспективны иммобилизованные анаэробные бактерии.

Из ферментативных процессов наиболее заманчивы гидролитические. Существует ряд загрязняющих воду соединений, стойких к биоразрушению или ядовитых, гидролиз которых привел бы к безвредным веществам, легко усвояемым микроорганизмами водных биоценозов. Так, целлюлоза гидролизуется до глюкозы, синтетические серосодержащие анионные ПАВ теряют поверхностно-активные свойства после гидролиза алкилсульфатазой, капролактамы гидролизуются до аминокaproновой кислоты и т.д.

Ферментная очистка воды должна включать следующие этапы:

- селекцию культур микроорганизмов – источников ферментов;
- выращивание микроорганизмов, накопление биомассы (на основе микробной очистки воды);
- извлечение из микробов необходимых ферментов, изучение их свойств;
- иммобилизацию ферментов и изучение свойств закрепленных ферментов в очистке воды.

Таким образом, биологическая очистка воды – один из наиболее дешевых, надежных и широко применяемых методов обеззараживания стоков. Однако в таком виде, как она существует сегодня, биологическая очистка имеет ряд уязвимых мест и недостатков, наиболее существенными из которых являются низкая скорость разрушения биорезистентных веществ и высокая чувствительность гидробионтов активного ила, биопленки к токсичным синтетическим соединениям – ксенобиотикам. Основными направлениями повышения эффективности биологической очистки воды является:

- использование адаптированных, высокоактивных штаммов микроорганизмов;
- применение ферментов для очистки воды.

При подготовке лекции использованы следующие источники:

1. Бондаренко В.В. Некоторые аспекты использования биоинженерных систем в защите водоемных объектов от загрязнения // Водное хозяйство России. – 2001. – Т.3. – №4. – С. 361-363.
2. Кадукин А.И., Красинцева В.В., Романова Л.И., Тарасенко Л.В. Аккумуляция железа, марганца, цинка, меди и хрома у некоторых водных растений // Гидробиологический журнал. – 1982. – том XVIII. – №1. – С. 79-81.
3. Микрякова Т.Ф. Роль прибрежной водной растительности в очистке сточных вод // Сборник статей. – Рыбинск. – 1990. – С. 83-87.
4. Рыбаков Ю.С., Лугаськова Н.В. Лекции по курсу «Экология»: учебное пособие. – Екатеринбург: УрГУПС, 2003 . – 104 с.
5. Синев О.П. Интенсификация биологической очистки сточных вод. – Киев: Техника, 1983. –110 с.
6. Яковлев С. В. Карюхина Т. А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. – М.: Стройиздат, 1980. – 220 с.
7. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Биологические фильтры. 2-е изд..перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 120с.